

TAMIZAJE FITOQUÍMICO, CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE TRECE PLANTAS MEDICINALES DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS DEL BOSQUE DE PIEDRAS DE HUARACA EN PERÚ

Marco Rolando Aronés-Jara^a*, Edgar Cárdenas-Landeo^a, Hugo Roberto Luna-Molero^a,
Stephany Massiell Barbarán-Vilcatoma^a, Mónica Gómez-Quispe^a

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar el tamizaje fitoquímico, determinar el contenido de compuestos fenólicos y evaluar el potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú. Los metabolitos secundarios se identificaron mediante el tamizaje fitoquímico y el contenido de compuestos fenólicos incluyó la cuantificación de fenoles totales (TPC), flavonoides (TFC) y antocianinas (TAC). El potencial antioxidante en el extracto hidroalcohólico, expresado como concentración media inhibitoria (CI50), evaluada a 100 µg/mL, se realizó mediante el ensayo del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Los resultados evidencian que los flavonoides, fenoles y/o taninos estuvieron presentes en las trece especies. El extracto de hojas de *Brachyotum naudinii* presentó mayor TPC (386,3 ± 9,7 mg GAE/g) y elevado potencial antioxidante (CI50: 42,9 ± 1,2 µg/mL), aunque estadísticamente diferente al Trolox (36,6 ± 0,4 µg/mL). El extracto de hojas de *Mutisia mathewsii* reportó mayor TFC (175,6 ± 0,7 mg RUE/g) y el extracto de frutos de *Gaultheria glomerata* presentó mayor TAC (2340,0 ± 2,26 mg/g). Se concluye que las trece plantas medicinales poseen mayoritariamente flavonoides, fenoles y/o taninos y presentan potencial antioxidante directamente proporcional al contenido de fenoles totales. **Palabras clave:** potencial antioxidante; afloramientos rocosos; plantas medicinales; polifenoles; tamizaje fitoquímico; Perú.

^a Departamento de Medicina Humana, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 05001, Huamanga, Ayacucho, Perú
e-mail: marco.arones@unsch.edu.pe

PHYTOCHEMICAL SCREENING, PHENOLIC COMPOUND CONTENT AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF THIRTEEN MEDICINAL PLANTS OF THE ROCKY OUTCROPS OF THE BOSQUE DE PIEDRAS OF HUARACA, PERU

ABSTRACT

The objective of this research was to perform the phytochemical screening, determine the content of phenolic compounds and evaluate the antioxidant potential of thirteen medicinal plants from the rocky outcrops of the Bosque de Piedras of Huaraca in Peru. Secondary metabolites were identified by phytochemical screening and the content of phenolic compounds included the quantification of total phenols (TPC), flavonoids (TFC) and anthocyanins (TAC). Antioxidant potential in the hydroalcoholic extract, expressed as mean inhibitory concentration (CI50), evaluated at 100 µg/mL, was performed using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay. The results show that flavonoids, phenols and/or tannins were present in all thirteen species. *Brachyotum naudinii* leaf extract presented higher TPC (386.3 ± 9.7 mg GAE/g) and high antioxidant potential (CI50: 42.9 ± 1.2 µg/mL), although statistically different from Trolox (36.6 ± 0.4 µg/mL). *Mutisia mathewsii* leaf extract reported higher TFC (175.6 ± 0.7 mg RUE/g) and *Gaultheria glomerata* fruit extract presented higher TAC (2340.0 ± 2.26 mg/g). It is concluded that the thirteen medicinal plants possess mostly flavonoids, phenols and/or tannins and have antioxidant potential directly proportional to the total phenol content.

Keywords: antioxidant potential; rocky outcrops; medicinal plants; polyphenols; phytochemical screening; Peru.

INTRODUCCIÓN

La medicina tradicional basada en el uso de plantas medicinales deviene de civilizaciones antiguas y utiliza materiales vegetales como ingrediente principal en la síntesis de drogas. Así mismo, el rápido desarrollo de la obtención de fármacos farmacológicamente activos a partir de hierbas medicinales tiene un impacto tremendo en las prácticas medicinales actuales¹.

Las plantas poseen metabolitos secundarios que desempeñan un papel importante en su mecanismo de defensa contra contaminantes ambientales, insectos y otras amenazas externas para la planta. Además, los metabolitos secundarios poseen propiedades farmacológicas, son antioxidantes, antibacterianos y antifúngicos, entre otras. Entre los metabolitos secundarios con potencial bioactivo se encuentran los compuestos fenólicos con propiedad medicinal significativa para el ser humano en la prevención del daño causado por los radicales libres¹.

La evaluación de la actividad antioxidante, a través del uso de radicales libres estables coloreados como el 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), ácido 2,2-azino-bis-(3'-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico (ABTS), o reactivos como el complejo férrico-2,4,6-

tripiridil-s-triazina (TPTZ), permite jerarquizar preliminarmente las distintas especies de plantas medicinales, sus extractos o fracciones de acuerdo con su actividad antioxidante. La actividad antioxidante es directamente proporcional al contenido de compuestos fenólicos. Además, las posiciones de los grupos hidroxilo también afectan la capacidad de la actividad de eliminación de radicales libres².

El tamizaje fitoquímico, la cuantificación del contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante son ensayos *in vitro* que permiten evaluar el potencial terapéutico de las plantas y brindan la posibilidad de descubrir e identificar moléculas nuevas de interés farmacológico. Asimismo, contribuye a fomentar la conservación y la protección de los ecosistemas, en especial en hábitats poco perturbados y estudiados, como los afloramientos rocosos³.

Los afloramientos rocosos son hábitats que contribuyen a la biodiversidad, ya que el área circundante posee una vegetación única. Las grandes variedades de microhábitats, la topografía inaccesible, los cambios ecológicos lentos y los bajos niveles de competencia biótica hacen que los hábitats rocosos a menudo alberguen numerosos taxones relictos³. Así mismo, son hábitats de flora medicinal nativa y endémica, las cuales crecen en los lechos de abrigos rocosos, junto a las rocas, en medio de los afloramientos o incrustados entre sus grietas. Sin embargo, los afloramientos rocosos son hábitats poco estudiados y de atención limitada³.

Es por ello, que el Gobierno Regional de Ayacucho, en el proceso de zonificación ecológica económica, lo ha identificado como unidad ecológica económica y ha recomendado ejecutar actividades de investigación y conservación⁴.

En ese sentido, con la finalidad de aportar al conocimiento, difusión y conservación de las especies medicinales utilizadas por la población por generaciones, en este tipo de ecosistema, se planteó el objetivo de realizar el tamizaje fitoquímico, determinar el contenido de compuestos fenólicos y evaluar el potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca del distrito de Vinchos en Perú.

PARTE EXPERIMENTAL

Colección de material vegetal

Las especies vegetales medicinales fueron recolectadas en los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca (Figura 1A), ubicada en la comunidad de Huaraca en el centro poblado de Anchacchuasi del distrito de Vinchos, provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho en Perú. Las coordenadas geográficas son 13°18'58.9" latitud sur, 74°26'55.8" longitud oeste y una altitud de 3627 msnm⁴.

Material vegetal

Trece especies vegetales medicinales (Figura 1) fueron recolectadas entre los meses de abril a mayo y fueron seleccionadas de acuerdo con la información etnobotánica proporcionada por

la población aledaña al Bosque de Piedras de Huaraca (Tabla 1).

Un ejemplar de cada especie fue prensado para su respectiva identificación taxonómica, que fueron realizadas en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Mayor de San Marcos, Herbario Huamangüensis de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y el Museo Botánico Herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca en Perú. Para el tamizaje fitoquímico, la determinación del contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante, las plantas se secaron a la sombra y, luego en una estufa a 40 °C; posteriormente se pulverizaron con un molino de cuchillas y martillos y se almacenaron en envases de vidrio herméticamente cerrados hasta su análisis.

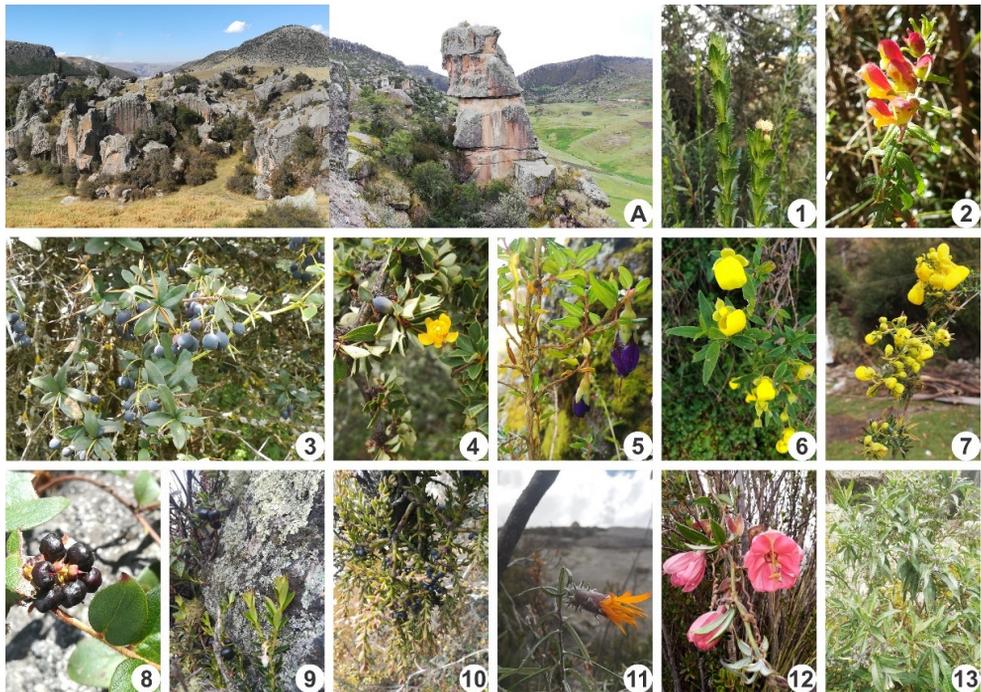


Figura 1. Fotografías de especies vegetales medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú

(A) Afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca; (1) *Baccharis uniflora* Ruiz & Pav.; (2) *Bartsia camporum* Diels; (3) *Berberis flexuosa* Ruiz & Pav.; (4) *Berberis lutea* Ruiz & Pav.; (5) *Brachyotum naudinii* Triana; (6) *Calceolaria engleriana* Kraenzl; (7) *Calceolaria rupestris* Molau; (8) *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer; (9) *Gaultheria myrsinoides* Kunth; (10) *Lepidoceras peruvianum* Kuijt; (11) *Mutisia mathewsii* Hook & Arn.; (12) *Passiflora trifoliata* Cav. (13) *Solanum nitidum* Ruiz & Pav.

Tabla 1. Información etnobotánica de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú

N°	Especie	Parte usada	Uso medicinal	Modo de preparación	Forma de uso
1	<i>Baccharis uniflora</i> (FAM. Asteraceae)	Hoja	Reumatismo, fracturas	Emplasto	Tópica
2	<i>Bartsia camporum</i> (FAM. Buddlejaceae)	Hoja	Digestivo	Infusión	Oral
3	<i>Berberis flexuosa</i> (FAM. Berberidaceae)	Hoja	Purgante, analgésico	Infusión	Oral
		Fruto	Alimento	Bebida	Oral
4	<i>Berberis lutea</i> (FAM. Berberidaceae)	Hoja	Antibacteriano	Infusión	Oral
		Fruto	Alimento	Bebida	Oral
5	<i>Brachyotum naudinii</i> (FAM. Melastomataceae)	Hoja	Inflamación	Decocción	Tópica
6	<i>Calceolaria engleriana</i> (FAM. Scrophulariaceae)	Hoja	Aromatizante	Infusión	Oral
		Flor	Digestivo	Mate	Oral
7	<i>Calceolaria rupestris</i> (FAM. Scrophulariaceae)	Hoja	Mal de aire	Infusión	Oral
8	<i>Gaultheria glomerata</i> (FAM. Ericaceae)	Hoja	Dolor	Infusión	Oral
		Fruto	Alimento	Crudo	Oral
9	<i>Gaultheria myrsinoides</i> (FAM. Ericaceae)	Hoja	Dolor, somnífero	Infusión	Oral
10	<i>Lepidoceras peruvianum</i> (FAM. Santalaceae)	Hoja	Inflamación, dolor	Decocción	Tópica
11	<i>Mutisia mathewsii</i> (FAM. Asteraceae)	Hoja/ tallo	Tos, dolor	Decocción	Inhalación
12	<i>Passiflora trifoliata</i> (FAM. Passifloraceae)	Hoja	Sedante	Infusión	Oral
			Cicatrizante	Emplastos	Tópica
13	<i>Solanum nitidum</i> (FAM. Solanaceae)	Hoja/ fruto	Antiinflamatorio, cicatrizante	Cocimiento	Tópica

Nota: FAM = familia.

Preparación de extractos

Se pesó 2 g de hojas y/o frutos y para la extracción se añadió 20 mL de cloroformo, etanol 96 %, agua y ácido clorhídrico por separado⁵.

Ensayo fitoquímico

Tabla 2. Ensayos realizados para la identificación de metabolitos secundarios

Nº	Ensayo	E.C.	E. E.	E.A.	E.Ac.	Especificación
1	Liebermann-Burchard (triterpenos y/o esteroides)	x	x			Color verde, azul, azul verdoso, violeta o rojo
2	Borntrager (quinonas)	x				Color rojo en fase acuosa
3	Shinoda (flavonoides)		x			Color rojo, amarillo, anaranjado
4	Kedde (cardiotónicos)		x			Color violeta, púrpura
5	Baljet (cumarinas)		x			Color púrpura
6	Cloruro férrico (taninos)		x	x		Color azul, verde
7	pH-diferencial (antocianinas)			x		Cambio de color
8	Espuma (saponinas)			x		Formación de espuma
9	Dragendorff (alcaloides)				x	Precipitado rojo a naranja
10	Meyer (alcaloides)				x	Precipitado de blanco a crema
11	Wagner (alcaloides)				x	Precipitado marrón

Nota: E.C. Extracto clorofórmico; E.E. Extracto etanólico; E.A. Extracto acuoso; E.Ac. Extracto acidulado.

La identificación de los metabolitos secundarios (Tabla 2) de los extractos se realizó por el método de análisis cualitativo de ensayo a la gota⁵.

Determinación del contenido de fenoles totales y flavonoides

Preparación del extracto hidroalcohólico

Los extractos fueron obtenidos por percolación, usando como solvente etanol de 70°. El extracto fue filtrado y concentrado en un Rotavapor R-3000 a 40 °C. El extracto hidroalcohólico seco se obtuvo utilizando el Mini Spray Dryer B-290 a una temperatura de entrada de 120 °C, velocidad de flujo 2 mL/min y aspiración 100 %.

Contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales (TPC) fue determinado colorimétricamente usando el reactivo de Folin-Ciocalteu (RFC)⁶. Se preparó una solución de 320 µg/mL del extracto en etanol de 70° por triplicado. Se midió 100 µL de cada solución y se adicionó 500 µL de RFC (1:10) y 400 µL de Na₂CO₃ 7,5 %. Transcurrido 30 min se midió la absorbancia a 765 nm. La concentración se calculó a partir de la curva patrón de ácido gálico ($y=0,0103x+0,0119$) y el TPC fue expresado en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco (mg GAE/g).

Contenido de flavonoides

Para la cuantificación de flavonoides (TFC) se utilizó el método colorimétrico de tricloruro de aluminio⁶. Se preparó una solución de 800 µg/mL del extracto seco en etanol de 70° por triplicado. Se midió 2,0 mL de cada solución y se adicionó 0,5 mL de AlCl₃ 2% y se completó a volumen de 5,0 mL con etanol 50°. Después de 30 min se midió las absorbancias a 415 nm. La concentración se calculó a partir de la curva patrón de rutina ($y=0,0282x+0,0047$) y el TFP fue expresado en miligramos equivalentes de rutina por gramo de extracto seco (mg RUE/g).

Determinación del contenido de antocianinas

Preparación del extracto

Se pesó 15 g de fruto seco y se maceró por 24 h en 200 mL de etanol 70° acidulado con ácido cítrico a pH 3,3; el macerado se filtró y concentró en un rotavapor a 40 °C. Los extractos fueron liofilizados a -42 °C y 0,013 mbar durante 48 h.

Cuantificación de antocianinas

El contenido de antocianinas (TAC) se determinó por el método de pH-diferencial⁷. Se preparó una solución de extracto de 10 mg/mL en etanol 70°, a partir del cual se prepararon una solución de 1 mg/mL en buffer pH 1,0 y otra en buffer pH 4,5 por triplicado. Se midió la absorbancia a 520 nm y 720 nm, usando como blanco las soluciones buffer respectivas. Se calculó el TAC (mg/100 g), a partir de la Ecuación (1).

$$\text{TAC (mg 100 g}^{-1}\text{)} = \left(\frac{A^* \times \text{PM}}{\epsilon \times l} \times \text{FD} \times \frac{V_{\text{mp(mL)}}}{W_{\text{mp(g)}}} \right) \times 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde, A*: diferencia de absorbancias en las dos longitudes de onda; PM: peso molecular para cianidina-3-glicósido (449,2 g mol); FD: factor de dilución; ε: coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glicósido (26900 L/mL.cm); l: longitud de paso de celda (1 cm).

Determinación del potencial antioxidante

Ensayo con el radical libre DPPH

La evaluación del potencial antioxidante se realizó monitoreando el consumo del radical libre DPPH por las muestras, a través de la disminución de las absorbancias de las soluciones a diferentes concentraciones y teniendo como control positivo al Trolox⁶.

Construcción de la curva de calibración de DPPH

Se preparó 250 mL de solución de DPPH en metanol a una concentración de 40 µg/mL, mantenida en refrigeración y protegida de la luz. Se obtuvieron diluciones de 1 a 35 µg/mL. La curva de calibración ($y = 0,023 + 0,0079x$; $R = 0,9997$) fue construida con los valores de absorbancia leídos a 515 nm de todas las soluciones por triplicado (1 a 40 µg/mL), utilizando como blanco el metanol.

Lectura de las medidas de absorbancia de las muestras

Se prepararon soluciones de los extractos y el control positivo en etanol de 96° a una concentración de 500 µg/mL a partir de los cuales se preparó diluciones de 25 a 250 µg/mL en metanol. Se midió 300 µL de cada dilución y se adicionó 2,7 mL de solución de DPPH (40 µg/mL). Después de 30 min se midió la absorbancia a 515 nm, calibrando el espectrofotómetro con el blanco (300 µL de agua y 2,7 mL de DPPH). A partir de la curva de calibración de DPPH se determinaron los porcentajes de DPPH remanentes (%DPPH_REM) a partir de la Ecuación (2).

$$\% \text{DPPH}_{\text{REM}} = \frac{[\text{DPPH}]_{\text{T=t}}}{[\text{DPPH}]_{\text{T=0}}} \times 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde $[\text{DPPH}]_{\text{T=t}}$ corresponde a la concentración de DPPH en el medio después de la reacción con el extracto y el control positivo y $[\text{DPPH}]_{\text{T=0}}$ es la concentración inicial de DPPH.

La concentración eficiente, cantidad de antioxidante necesaria para disminuir la concentración inicial de DPPH en 50 % (CI_{50}), fue determinada utilizando el software OriginPro 8, a partir de una curva exponencial ($y=y_0+Ae^{R_0x}$) obtenida de los valores del porcentaje de DPPH remanente en función de la concentración de la muestra (µg/mL) o del control positivo.

Los porcentajes de actividad antioxidante (%AA) se calcularon a partir de la Ecuación (3):

$$\text{AA (\%)} = \left[\frac{A_c - (A_m - A_b)}{A_c} \right] \times 100 \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde Ac es la absorbancia inicial de la solución metanólica de DPPH; Am es la absorbancia de la mezcla de reacción (DPPH + muestra) y Ab es la Absorbancia del blanco.

La comparación del %AA se realizó con los valores obtenidos a la concentración 100 µg/mL.

Análisis estadístico

Los promedios del TPC, TFP, TAC y AA corresponden a la media de tres repeticiones. Previamente se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba de homocedasticidad de Levene. La comparación de medias se evaluó mediante el análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de confianza de 95 %. Se calculó el Coeficiente de Correlación de Pearson para el TPC y AA. El análisis se realizó con el *software* IBM SPSS Statistics 23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamizaje fitoquímico

Los resultados del tamizaje fitoquímico de las trece especies vegetales medicinales se presentan en la Tabla 3. Se identificó la presencia de flavonoides y fenoles y/o taninos en todas las especies y drogas vegetales. De igual manera, se evidenció la presencia de triterpenos y/o esteroides (92,3 %), cumarinas (61,5 %), saponinas (61,5 %), quinonas (46,2 %), antocianinas (46,2 %) y alcaloides (53,8 %). Al respecto, los metabolitos secundarios incluidos los taninos, alcaloides, saponinas, flavonoides, glucósidos y resinas contribuyen significativamente a las actividades medicinales y fisiológicas de las plantas. La composición química de las plantas está relacionada con los mecanismos de defensa de la planta y los efectos del suelo y el clima. Por ejemplo, el contenido de taninos varía según la estación climática, la humedad y la luminosidad⁸. Las plantas que crecen en los afloramientos rocosos se desarrollan en ecosistemas con alta radiación ultravioleta, estrés abiótico y en frío extremos; y se desarrollan mecanismos de adaptación para sobrevivir, como la producción de metabolitos secundarios. Así mismo, la altitud y latitud determinan la viabilidad de las especies vegetales y determinan su composición química⁸.

Tabla 3. Tamizaje fitoquímico de plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú

Nº	Especie	Parte analizada	Triterpenos y/o esteroides	Quinonas	Flavonoides	Cardiotónicos	Fenoles y/o taninos	Antocianinas	Saponinas	Alcaloides	Cumarinas
1	<i>Baccharis uniflora</i>	Hoja	+	-	+	-	+	-	-	-	-
2	<i>Bartsia camporum</i>	Hoja	+	-	+	-	+	-	-	+	-
3	<i>Berberis flexuosa</i>	Hoja	+	+	+	-	+	-	+	+	+
		Fruto	+	-	+	+	+	+	+	-	+
4	<i>Berberis lutea</i>	Hoja	+	+	+	-	+	-	+	+	+
		Fruto	+	-	+	+	+	+	+	-	+
5	<i>Brachyotum naudinii</i>	Hoja	+	+	+	+	+	-	+	-	+
		Flor	-	+	+	+	+	+	+	-	+
6	<i>Calceolaria engleriana</i>	Hoja	+	-	+	-	+	-	+	-	+
7	<i>Calceolaria rupestris</i>	Hoja	+	+	+	-	+	-	+	-	+
8	<i>Gaultheria glomerata</i>	Hoja	+	-	+	+	+	-	-	-	-
		Fruto	-	-	+	+	+	+	-	-	+
9	<i>Gaultheria myrsinoides</i>	Hoja	+	-	+	+	+	-	-	+	-
		Fruto	-	-	+	+	+	+	-	-	+
10	<i>Lepidoceras peruvianum</i>	Hoja	+	+	+	+	+	-	+	-	+
		Fruto	+	-	+	-	+	+	-	-	-
11	<i>Mutisia mathewsii</i>	Hoja	+	-	+	-	+	-	-	+	-
12	<i>Passiflora trifoliata</i>	Hoja	+	-	+	+	+	-	+	+	-
13	<i>Solanum nitidum</i>	Hoja	-	+	+	-	+	-	+	+	-

Nota: (+) Positivo; (-) Negativo.

Contenido de fenoles totales, flavonoides y potencial antioxidante

En la Tabla 4, se evidencia que el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Brachyotum naudinii* presentó mayor TPC, seguido por los extractos de las hojas *Gaultheria glomerata* y *Lepidoceras peruvianum*. El extracto de las hojas de *Mutisia mathewsii* presentó mayor TFC, seguido de los extractos de las hojas de *Solanum nitidum* y *Baccharis uniflora*, respectivamente.

Los resultados de la actividad antioxidante se evaluaron por el método DPPH a una concentración de la muestra de 100 µg/mL utilizando como control positivo al Trolox a la misma concentración. El extracto de hojas de *Brachyotum naudinii* presentaron mayor AA,

aunque estadísticamente menor al Trolox ($p < 0,05$). Los extractos de hojas de *Gaultheria glomerata* y *Lepidoceras peruvianum* presentaron AA superior al 40 %. Los extractos de hojas de *Calceolaria rupestris*, *Mutisia mathewsii*, *Gaultheria myrsinoides* y *Calceolaria engleriana* presentaron actividad antioxidante entre 20 a 30 %. Las demás especies presentaron AA menor al 20 %. Además, se confirmó la relación directamente proporcional entre el TPC y la actividad antioxidante ($r = 0,938$).

En la Tabla 4, también se presentan los resultados de la Concentración Media Inhibitoria (CI_{50}) de la actividad antioxidante por el método DPPH de los extractos y el control positivo (Trolox). Según este método a menor valor de CI_{50} mayor es la actividad antioxidante. Todos los extractos presentaron valores de CI_{50} estadísticamente superiores al Trolox ($p < 0,05$). El extracto de las hojas de *Brachyotum naudinii* presentó un CI_{50} muy significativo y promisorio, aunque estadísticamente diferente al Trolox ($p < 0,05$).

El TPC del extracto de hojas de *Gaultheria glomerata* concuerda con lo reportado con Oré⁹ quien determinó un TPC de 359,4 mg GAE/g y una actividad antioxidante de 48,9 %, evaluado por el método de DPPH. Los resultados tienen relación con las evidencias en el género *Gaultheria*, por ejemplo, *Gaultheria procumbens* y *Gaultheria fragrantissima* que son conocidas por la producción de "aceite de gaulteria" a partir de sus hojas y presentan propiedades antimicrobianas y antioxidantes¹⁰.

Otra especie de especial interés es *Mutisia mathewsii*, cuyo extracto hidroalcohólico de las hojas presentó mayor TFC, lo cual se contrasta con lo determinado por Condoli¹¹, quien además reportó una elevada actividad antioxidante. Hay estudios de otras especies del género *Mutisia*, por ejemplo, *Mutisia friesiana* contiene en sus partes aéreas mutisicoumarina, metilfenona, metilcumarina, cromona, mutisifenonas y aceites esenciales; esta especie presentan actividad antifúngica y antioxidante, atribuido a su contenido de ácido caféico y quercetina¹².

Respecto a *Lepidoceras peruvianum*, es la primera vez que se reportan estudios químicos y biológicos. Los resultados evidencian que el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Lepidoceras peruvianum* presenta TPC y actividad antioxidante apreciable. Esta especie hemiparásita y endémica, habita las zonas altoandinas del distrito de Vinchos en Perú. Fue recolectada y clasificada por primera vez por Weberbauer¹³ en 1910 y revisada posteriormente por Kuijt en 1988. La condición de ser una especie endémica de la región de Ayacucho, ya le agrega valor en la preservación del contenido genético de esta especie, comparada a *Lepidoceras chilensis* que sólo habita en el país de Chile.

En el caso de las especies del género *Calceolaria*, diferentes estudios demostraron que los extractos de las partes aéreas de *Calceolaria integrifolia* y *Calceolaria talcana* contienen triterpenos, flavonoides verbascósido, martinósido, naftoquinonas que pueden ser usados como fumigantes, repelentes y bioinsecticidas; asimismo, son inhibidores de la colinesterasa¹⁴. El extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum*, posee un contenido moderado de TPC y TFP, comparado con lo reportado para especies como *Solanum havanense* que además contiene en sus hojas la havanina, acetil etiolina y la solamarina¹⁵.

Baccharis uniflora es una especie sin estudios de bioactividad ni composición química; sin embargo, se han reportado investigaciones sobre la actividad antifúngica en especies del género *Baccharis* relacionados al contenido de terpenoides y flavonoides polihidroxilados y metilados¹⁶.

Tabla 4. Contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de las hojas de las plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú

N°	Especie	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg RUE/g)	Potencial antioxidante	
				AA (%)	CI ₅₀ (µg/mL)
1	<i>Brachyotum naudinii</i>	386,3 ± 9,7 ^a	76,3 ± 1,3 ^c	80,0 ± 1,1 ^a	42,9 ± 1,2 ^a
2	<i>Gaultheria glomerata</i>	369,5 ± 1,2 ^b	55,0 ± 0,2 ^d	49,5 ± 0,9 ^b	90,6 ± 0,1 ^b
3	<i>Lepidoceras peruvianum</i>	292,4 ± 2,1 ^c	44,0 ± 1,1 ^f	46,3 ± 0,9 ^c	106,1 ± 0,7 ^b
4	<i>Mutisia mathewsii</i>	258,4 ± 0,2 ^d	175,6 ± 0,7 ^a	36,8 ± 0,6 ^d	118,7 ± 0,3 ^b
5	<i>Gaultheria myrsinoides</i>	255,1 ± 0,5 ^d	55,2 ± 0,5 ^d	36,5 ± 0,2 ^d	120,3 ± 1,4 ^b
6	<i>Calceolaria rupestris</i>	248,5 ± 0,8 ^d	61,5 ± 0,1 ^h	29,1 ± 0,8 ^e	157,2 ± 4,9 ^c
7	<i>Calceolaria engleriana</i>	212,0 ± 1,2 ^d	55,5 ± 0,1 ⁱ	24,2 ± 0,7 ^f	183,1 ± 0,9 ^d
8	<i>Solanum nitidum</i>	177,0 ± 0,4 ^{e,f}	114,0 ± 0,1 ^b	19,5 ± 0,5 ^g	228,7 ± 0,3 ^c
9	<i>Berberis flexuosa</i>	163,8 ± 2,4 ^{f,g}	53,9 ± 1,1 ^d	16,8 ± 2,7 ^h	291,1 ± 4,9 ^f
10	<i>Berberis lutea</i>	162,1 ± 1,3 ^g	50,7 ± 1,3 ^c	16,7 ± 1,3 ^h	293,6 ± 2,7 ^f
11	<i>Baccharis uniflora</i>	155,1 ± 0,2 ^g	80,4 ± 0,1 ^c	16,6 ± 0,1 ^h	296,8 ± 1,1 ^f
12	<i>Passiflora trifoliata</i>	62,9 ± 0,7 ^h	55,7 ± 0,3 ^d	4,2 ± 0,4 ⁱ	767,7 ± 4,5 ^g
13	<i>Bartsia camporum</i>	28,9 ± 0,4 ⁱ	32,7 ± 0,2 ^g	3,7 ± 0,3 ⁱ	1356,8 ± 8,5 ^h

Nota: Trolox (100 µg mL⁻¹): AA (%) = 95,5 ± 0,1^h; CI₅₀ (µg mL⁻¹) = 36,6 ± 0,4ⁱ; Correlación de Pearson TPC-AA: $r = 0,938$

Tabla 5, reporta el TAC en los extractos de cinco frutos y su respectiva actividad antioxidante. El extracto de los frutos de *Gaultheria glomerata* reportó mayor TAC y presentó mayor actividad antioxidante, aunque estadísticamente menor al Trolox ($p < 0,05$). Asimismo, los extractos de *Gaultheria myrsinoides* y *Berberis lutea* presentaron actividad antioxidante mayor al 40% a la concentración de 100 $\mu\text{g/mL}$. Al respecto, se ha descrito que el fruto de *Gaultheria glomerata* contiene hasta diez antocianinas identificadas; además, las hojas y frutos poseen elevada de capacidad antioxidante¹⁷.

El género *Berberis*, presenta muchas especies distribuidas en las zonas altoandinas de nuestro país y se caracterizan por tener frutos de un color morado, debido a la presencia de antocianinas. Así, del Carpio *et al.*⁷, reportaron un contenido importante de antocianinas en frutos de *Berberis boliviana*. Diversos estudios de las especies del género *Berberis*, han reportado el uso de las hojas, corteza, frutos e inclusive las raíces. Los frutos de estas especies contienen antocianinas, ácido ascórbico, ácido clorogénico y quercetina, compuestos fenólicos y flavonoides; asimismo, poseen actividad antioxidante y antimicrobiana⁷.

Tabla 5. Contenido de antocianinas y actividad antioxidante en cinco frutos de plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú.

N°	Especie	TAC (mg/100 g)	Potencial antioxidante	
			AA (%)	CI ₅₀ ($\mu\text{g/mL}^{-1}$)
1	<i>Gaultheria glomerata</i>	2340,0 \pm 2,26 ^a	47,9 \pm 0,41 ^a	203,6 \pm 0,50 ^a
2	<i>Gaultheria myrsinoides</i>	1655,2 \pm 0,53 ^b	46,5 \pm 0,21 ^a	220,3 \pm 1,40 ^a
3	<i>Berberis lutea</i>	1535,9 \pm 7,14 ^c	44,1 \pm 0,64 ^b	229,8 \pm 4,91 ^c
4	<i>Lepidocera peruvianum</i>	1463,6 \pm 37,8 ^d	19,4 \pm 0,51 ^c	761,5 \pm 4,11 ^d
5	<i>Berberis flexuosa</i>	1206,8 \pm 33,8 ^e	10,3 \pm 0,44 ^d	864,3 \pm 11,6 ^e

CONCLUSIONES

Las trece plantas medicinales recolectadas y estudiadas de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca poseen mayoritariamente flavonoides, fenoles y/o taninos y presentan actividad antioxidante directamente proporcionalmente al contenido de sus compuestos fenólicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por el financiamiento en el marco del Concurso de Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica para Docentes, financiado con recursos del Fondo de Desarrollo Socioeconómico de Camisea (FOCAM).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abeyasinghe DT, Kumara KAH, Kaushalya KAD, Chandrika UG, Alwis DDDH. Phytochemical screening, total polyphenol, flavonoid content, in vitro antioxidant and antibacterial activities of Sri Lankan varieties of *Murraya koenigii* and *Micromelum minutum* leaves. *Heliyon*. 2021; 7(7): e07449. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07449.
2. Tanase C, Cosarcă S, Muntean DL. A critical review of phenolic compounds extracted from the bark of woody vascular plants and their potential biological activity. *Molecules*. 2019; 24(6): 1182. doi:10.3390/molecules24061182
3. Naqinezhad A, Esmailpoor A. Flora and vegetation of rocky outcrops/cliffs near the Hyrcanian forest timberline in the Mazandaran mountains, northern Iran. *Nord J Bot*. 2017; 35(4): 449–466.
4. Gobierno Regional de Ayacucho. Plan de desarrollo regional concertado 2013 - 2021. Ayacucho: GRA; 2013.
5. Pérez F, León G, Rodríguez F, Vásquez L. Estudio fitoquímico preliminar de plantas medicinales del norte del Perú. *Pueblo Continente*. 2016; 22(2): 421–426
6. Cano-Lamadrid M, Lech K, Calín-Sánchez Á, Rosas-Burgos EC, Figiel A, Wojdyło A, et al. Quality of pomegranate pomace as affected by drying method. *J Food Sci Technol*. 2018; 55(3): 1074–1082. doi:10.1007/s13197-017-3022-9
7. del Carpio C, Serrano C, Giusti M. Caracterización de las antocianinas de los frutos de *Berberis boliviana* Lechler. *Rev Soc Quím Perú*. 2009; 75(1): 76–86.
8. Santacoloma LE, Granados JE. Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades fisicoquímicas del suelo. *RIAA*. 2012; 3(1): 53. doi:10.22490/21456453.934
9. Oré Y. Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante del extracto atomizado de las hojas de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer. “coca – coca” Ayacucho - 2018. [Tesis de grado]. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2019

10. Kujur A, Kiran S, Dubey NK, Prakash B. Microencapsulation of *Gaultheria procumbens* essential oil using chitosan-cinnamic acid microgel: Improvement of antimicrobial activity, stability and mode of action. *LWT Food Sci Technol.* 2017; 86: 132–138.
11. Condoli RE. Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante del extracto atomizado de las hojas de *Mutisia mathewsii* Hook & Arn. “chinchilcuma”, Ayacucho – 2018. [Tesis de grado]. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2019
12. Viturro CI, de La Fuente JR, Maier MS. Antifungal methylphenone derivatives and 5-methylcoumarins from *Mutisia friesiana*. *Z. Naturforsch. C.* 2003; 58(7–8): 533–540.
13. León B. Eremolepidaceae endémicas del Perú. *Rev Perú Biol.* 2006; 13(2): 284–285.
14. Cespedes CL, Lina-García L, Kubo I, Salazar JR, Ariza-Castolo A, Alarcon J, et al. *Calceolaria integrifolia* s.l. complex, reduces feeding and growth of *Acanthoscelides obtectus*, and *Epilachna varivestis*. A new source of bioactive compounds against dry bean pests. *Ind Crops Prod.* 2016; 89: 257–267.
15. Basterrechea MJ, Ferrer A, Calzadilla M, Rodríguez M, Navarro AE. Algunos componentes esteroidales del *Solanum havanense* Jacq. *CIENCIA ergo-sum.* 2000; 7(2): 126–128.
16. Carrizo SL, Zampini IC, Sayago JE, Simirgiotis MJ, Bórquez J, Cuello AS, et al. Antifungal activity of phytotherapeutic preparation of *Baccharis* species from Argentine Puna against clinically relevant fungi. *J Ethnopharmacol.* 2020; 251: 112553. doi:10.1016/j.jep.2020.112553
17. Espinoza M, Gómez E, Quispe S, Sánchez-González, JA, León-Vargas J. Physicochemical and nutraceutical characterization of sirimbache fruit (*Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer). *Scientia Agropecuaria.* 2017; 8(4): 411–417.