

Análisis químico y nutricional en hojas de *Ricinus communis*-
Chemical and nutritional Analysis in leaves of *Ricinus communis*

María Maldonado-Santoyo^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7205-0240>

Gladys Morales-López² <https://orcid.org/0000-0002-1015-9838>

¹ Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, México

² Universidad de Guanajuato, México

*Autor para la correspondencia: msantoyo@ciatec.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue identificar algunos compuestos bioactivos presentes en las hojas de *Ricinus communis*. Para ello se recolectaron hojas sanas, las cuales fueron lavadas, secadas y pulverizadas; se realizó su análisis fitoquímico primario y se evaluó cuantitativamente su composición química. Se identificó la presencia de taninos, esteroides, terpenoides y saponinas. El contenido de carbono, nitrógeno y azufre fue de 42,03; 5,33 y 0,43 %, respectivamente. El análisis proximal reveló un contenido de proteína cruda (33,31 %), fibra cruda (5,97 %), lípidos (3,71 %), ceniza (9,63 %) y presencia de algunos macrominerales. Flavonoides como la quercetina (2,28 %), miricetina (0,82 %) y kaempferol (0,22 %) fueron identificados. Aminoácidos esenciales como la lisina, metionina, treonina, leucina, isoleucina, valina, arginina y ácido glutámico fueron encontrados (0,55-3,61 %). Las hojas de *Ricinus communis* son una materia prima rica en diversos compuestos bioactivos de interés nutricional y comercial.

Palabras clave: análisis fitoquímico; análisis inmediato; compuestos bioactivos; *Ricinus communis*.

ABSTRACT

The objective of this work was to identify some bioactive compounds present in the leaves of *Ricinus communis*. For this, healthy leaves were collected, which were washed, dried and pulverized. Subsequently, its primary phytochemical analysis was carried out and its chemical composition was quantitatively evaluated. The presence of tannins, steroids, terpenoids and saponins were identified. The content of carbon, nitrogen and sulfur was 42,03; 5,33 and 0,43 %, respectively. The proximal analysis revealed a content of crude protein (33,31 %), crude fiber (5,97 %), lipids (3,71 %), ash (9,63 %) and the presence of some macrominerals. Flavonoids such as quercetin (2,28 %), myricetin (0,82 %), and kaempferol (0,22 %) were identified. Essential amino acids such as lysine, methionine, threonine, leucine, isoleucine, valine, arginine and glutamic acid were found (0,55-3,61 %). *Ricinus communis* leaves are a raw material, rich in various bioactive compounds of nutritional and commercial interest.

Keywords: phytochemical analysis, proximal analysis, bioactive compounds, castor leaves.

Recibido: 28 /10/ 2021

Aprobado: 30 /11/ 2021

Introducción

Ricinus communis linn, también conocida como higuera, ricino, higuera, palma cristi, castor o tártago entre otros muchos vocablos, es una planta arbustiva perenne de la familia *Euphorbiaceae*. Es de origen tropical y procede del norte de África, alrededor de Etiopía, sin embargo, se ha naturalizado en diversas áreas tropicales y subtropicales en todo el mundo por su rusticidad y fácil adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, convirtiéndose en una maleza invasora tanto en áreas urbanas como agrícolas.⁽¹⁾

En México, esta planta se encuentra de manera silvestre en diversas regiones del país;⁽²⁾ se adapta a zonas marginales, tiene bajos requerimientos de agua, presenta una disposición de riqueza genética para selección de variedades y no compite con la alimentación humana.⁽¹⁾ Además, contiene varios compuestos nutricionales como proteínas, carbohidratos, minerales y otros compuestos bioactivos que le confieren diversas propiedades benéficas para la salud, ya sea como agente antioxidante, hepatoprotector, antimicrobiano, anticonceptivo, diurético,

anticancerígeno o actividad antifertilidad.⁽³⁻⁶⁾ También contiene algunos compuestos tóxicos y alergénicos como la ricina y la ricinina, que se encuentran principalmente en la semilla (1-5 %) ⁽³⁾ y que pueden ser desactivados con calor (50-121°C, 60 min, pH 7,8) y en álcalis fuertes.^(5, 6)

Sin embargo, el uso más común de la *Ricinus communis* es para la extracción del aceite de ricino presente, principalmente, en la semilla, cuyo contenido puede oscilar entre 12,20-64,84 %.⁽¹⁻³⁾ Este aceite es muy utilizado a nivel industrial para producir lubricantes, cosméticos o para aplicaciones médicas.^(3,5)

Por otro lado, la torta obtenida después de la extracción del aceite y previa desintoxicación, también ha sido aprovechada para complementar la alimentación animal destinada, por ejemplo, a las raciones de ovejas, vacas, pollos y peces, ⁽⁷⁾ mientras que las hojas han sido utilizadas como cataplasma en llagas, forúnculos e hinchazones. En decocción es purgante, lactagogo y emanogogo; ayuda en dolor de estómago, de cabeza y de vejiga; para el tratamiento de las caries o como loción para los ojos.⁽⁸⁾

Esto ha llevado a reconsiderar el aprovechamiento de esta planta como una potencial fuente alternativa de nutrientes de interés médico y comercial. Sin embargo, la mayoría de la información reportada en la literatura está enfocada en la semilla (aceite), ⁽⁸⁾ mientras que, para las hojas en específico, la información sobre su composición química y nutricional aún es escasa.

Algunos trabajos realizados solo evalúan el análisis histoquímico y fitoquímico primario en la hoja, como el de Gopalkrishnan ⁽⁸⁾, en la India. Krishnamoorthy ⁽⁹⁾ evaluó la composición fitoquímica primaria en diversas partes de la planta. Annongu y Joseph ⁽¹⁰⁾, en Nigeria, determinaron el análisis proximal en las semillas y en la torta obtenida después de la extracción del aceite, para evaluar su posible aplicación como alimento para animales. Otros autores han estimado la capacidad antioxidante ⁽¹¹⁾ o el efecto bioinsecticida ⁽¹²⁾ en los extractos de las hojas, utilizando diversos solventes.

Derivado de lo anterior, el objetivo de este trabajo es identificar algunos compuestos nutricionales presentes en las hojas de *Ricinus communis* recolectadas en Silao de la Victoria, Guanajuato, México, mediante su evaluación fitoquímica primaria, composición química y determinación de algunos compuestos bioactivos y minerales, para avanzar sobre su aporte nutricional y coadyuvar a su valorización, pues actualmente en la localidad es considerada como una maleza que afecta a suelos cultivables o cercanos a ríos.

Materiales y métodos utilizados

Reactivos

Los reactivos utilizados fueron grado analítico. Agua desionizada 18,2 MΩ-cm (Elix). Hidróxido de sodio (pureza 99 %, Karal), éter de petróleo (ACS, Karal), cloroformo (pureza 99,8 %, Karal). Ácido clorhídrico (pureza 37 %, Supelco), ácido sulfúrico (pureza 98 %, Supelco), ácido fosfórico (pureza 85 %, Supelco), ácido nítrico (pureza 98,5 %, Supelco), metanol (pureza 99,5 %, Supelco), cloruro férrico (pureza 98 %, Supelco), etanol (pureza 99,9 %, Supelco) y acetonitrilo (pureza 99,9 %, Supelco). Pentaóxido de vanadio (pureza 99,6 %, Thermo Scientific) y 2,5-bis(5-ter-butyl-benzoxazol-2-il)tiofeno (BBOT) (99 %, Thermo Scientific). Miricetina (pureza 96 %, Sigma Aldrich), quercetina (pureza 95 %, Sigma Aldrich), kaempferol (pureza 97 %, Sigma Aldrich), ácido g-aminobutárico (pureza 99 %, Sigma Aldrich), kit de L-aminoácidos en HCl 0.1N (Sigma Aldrich), trietanolamina (pureza 99 %, Sigma Aldrich) y fenil isotiocianato (pureza 99 %, Sigma Aldrich). Helio (pureza 99,5 %, Praxair) y argón (pureza 99,9 %, Praxair).

Recolección de muestras

Se recolectaron, de forma manual, hojas sanas de *Ricinus communis* L. [Sp, PI,2:1007 (1753)] y libres de plaga, en 12 puntos diferentes de muestreo en la ciudad de Silao de la Victoria, Guanajuato, México, durante la temporada primavera-verano. Las hojas fueron lavadas con agua desionizada para eliminar el polvo, y secadas a la sombra a temperatura ambiente por 5 días. Después se molieron utilizando un molino de bolas marca Pulverisette (Alemania) y se tamizaron en un tamizador vibratorio modelo AS 200, marca Retsch (Haan, Alemania) hasta obtener un polvo fino homogéneo. El polvo fue almacenado en bolsas de polietileno a 4 °C ⁽⁹⁾

Análisis fitoquímico

La caracterización fitoquímica primaria se realizó de forma cualitativa de acuerdo con lo reportado por Valdivia *et al.*, ⁽¹³⁾ para identificar la presencia de taninos, saponinas,

terpenoides y esteroides con ligeras modificaciones. Para ello, los extractos hidro-alcohólicos fueron preparados pesando 5 g de las hojas pulverizadas en un frasco de vidrio; se les añadió 50 mL de la disolución etanol: agua (90:10 v/v) y se dejaron en maceración con agitación durante 24 h a 160 rpm. Transcurrido este tiempo, los extractos fueron filtrados utilizando papel filtro whatman no. 42 y almacenados en frascos color ámbar a 4 °C para su posterior caracterización química. Todas las pruebas se realizaron por triplicado. A continuación, se describen brevemente cada una de ellas.

Prueba de taninos

Los taninos fueron detectados por reacción con cloruro férrico. Para ello, se mezcló 1 mL del extracto hidro-alcohólico con 2 mL de agua desionizada en un tubo de ensayo, y se calentó en baño María a 90 °C. Después, el tubo se dejó enfriar y se le agregaron dos gotas de solución de cloruro férrico al 1 % en metanol. Se dejó reposar y se observaron los cambios ocurridos. La presencia de taninos fue identificada mediante la formación de un color verde oscuro en la solución.⁽¹⁴⁾

Prueba de saponinas

Las saponinas fueron observadas mediante el ensayo de espuma de la siguiente manera: se mezcló 1 mL del extracto hidro-alcohólico con 3 mL de agua desionizada en un tubo de ensayo, se agitó vigorosamente y luego se calentó a ebullición durante 5 min. La formación de espuma con burbujas y con duración estable (15 s) mostró la presencia de saponinas.⁽¹⁴⁾

Prueba de terpenoides

Para la identificación de terpenoides se realizó la prueba de Salkowski, para lo cual se tomaron 5 mL del extracto hidro-alcohólico y se le agregaron 2 mL de cloroformo y 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Una coloración marrón rojiza es formada en la interface como señal de la presencia de terpenoides.⁽¹⁴⁾

Prueba de esteroides

La identificación de esteroides se realizó mediante la reacción de Salkowski modificada. El procedimiento consistió en mezclar 1 mL del extracto hidro-alcohólico con 3 mL de cloroformo en un tubo de ensayo; se homogenizó y después 2 mL de ácido sulfúrico concentrado fueron adicionados por las paredes del tubo de prueba. La formación de un color rojo en la capa superior y color verde en la capa del ácido sulfúrico fue indicativo de presencia de esteroides en el extracto.⁽¹⁴⁾

Composición elemental

Un analizador elemental modelo Flash 2000 de Thermo Scientific (Massachusetts, Estados Unidos), fue utilizado para la determinación del contenido elemental carbono total, nitrógeno total, azufre total e hidrógeno total. Para ello, se pesaron 10 mg de pentaóxido de vanadio con 3 mg de las hojas en polvo en una cápsula de estaño, la que fue cerrada y colocada en el horno del equipo para su análisis. El analizador fue operado a una temperatura de 950 °C en el reactor, y de 650 °C en el horno. El flujo de helio como gas de acarreo fue de 140 mL/min y el de oxígeno de 250 mL/min, como gas de combustión. El tiempo de análisis fue de 720 s. Para asegurar la calidad de los resultados, los análisis se hicieron por triplicado y se utilizó como material de referencia el BBOT.

Análisis proximal

El análisis proximal fue realizado de acuerdo con lo reportado por la FAO,⁽¹⁴⁾ con ligeras modificaciones: humedad (calentamiento en estufa a 103 ± 2 °C durante 4 h hasta peso constante); ceniza (calcineración en mufla a 550 ± 20 °C por 3 h); lípidos (extracción soxhlet con éter de petróleo durante 4 h); fibra bruta (extracción soxhlet con ácido clorhídrico 0,225 N por 30 min, seguida de hidróxido de sodio 0.313 N por otros 30 min y calcineración en mufla a 550 °C por 20 min). La proteína cruda fue determinada en un sistema de destilación Kjeldahl marca Ecoshel (Texas, Estados Unidos) utilizando un factor de conversión a proteína de 6,25. Todos los análisis se realizaron por triplicado para cada muestra.

Determinación de macrominerales

Algunos minerales como calcio, potasio, fósforo y magnesio, fueron determinados utilizando un espectrómetro de emisión atómica acoplado, inductivamente, a plasma (ICP-AES) marca Thermo Scientific, Mod. iCAP 6500 (Massachusetts, Estados Unidos). La hidrólisis se realizó pesando 300 mg de las hojas en polvo en viales de vidrio de 15 mL, se añadieron 2 mL de ácido nítrico concentrado y 200 µl de peróxido de hidrógeno y se dejaron en digestión a 105 °C por 4 h. Después se filtraron en papel whatman no. 41 y se llevaron a un volumen de 25 mL con agua desionizada. Una alícuota fue diluida adecuadamente y analizada. La cuantificación se realizó mediante calibración externa, utilizando la solución multielemental QCS-19 ICP 19 Element Quality Standard (100 µg/mL), diluida adecuadamente.⁽¹⁵⁾ Los análisis se realizaron por triplicado para cada muestra recolectada.

Contenido de flavonoides

La determinación de algunos flavonoides como son la miricetina, quercetina y kaempferol se realizó de acuerdo con lo reportado por Savic *et al.*,⁽¹⁶⁾ con ligeras modificaciones. Para ello, se pesaron 50 mg de hojas en polvo en tubos de digestión de 40 mL, se les adicionó 5 mL de ácido clorhídrico 6 mol/L y 20 mL de metanol. Los viales fueron cerrados y colocados en baño María a 80 °C durante 2 h. Después se filtraron en papel whatman no. 41 y se ajustó el volumen a 25 mL con agua desionizada. Una alícuota fue diluida adecuadamente en agua antes del análisis. Para la determinación cromatográfica se utilizó un cromatógrafo de líquidos de alta resolución marca Agilent Technologies modelo 1100 (Santa Clara, California), con detector de arreglo de diodos a una longitud de onda de 370 nm. La separación se realizó con una columna RP-luna 5u C18 (250 · 4,6 mm) empleando como fase móvil MeOH/H₂O/H₃PO₄ (50:50:4 v/v/v) a un flujo constante de 1,0 mL/min. La temperatura de entrada a la columna fue de 30 °C y el volumen de inyección de 20 µl. La identificación de quercetina, miricetina y kaempferol se efectuó conforme al tiempo de retención obtenido en los estándares, previa inyección individual. La cuantificación se realizó mediante calibración externa empleando siete niveles de concentración (0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 mg/L). Los análisis se realizaron por triplicado para cada muestra recolectada.

Determinación de aminoácidos

El procedimiento para evaluar el perfil de aminoácidos consistió en hidrolizar las hojas en polvo (1,0 g) con 3 mL de HCl 6 mol/L durante 1 h a 150 °C. Después, un volumen conocido de cada hidrolizado y en mezcla (equivalentes a 5 µg) fue secado al vacío, reconstituido con una solución de etanol-agua-trietilamina (2:2:1 v/v/v), secados nuevamente al vacío y luego se derivatizaron con 20 µl de la solución etanol-TEA-agua-PITC (7:1:1:1 v/v/v/v) antes del análisis cromatográfico. Las soluciones patrón con los estándares individuales fueron preparadas a una concentración de 1,0 mg/mL en agua o en ácido clorhídrico 0,1 mol/L; se diluyeron adecuadamente y se trataron de forma similar a las muestras. La determinación se realizó en un cromatógrafo de líquidos marca Agilent Technologies modelo 1100 (Santa Clara, California), con detector de UV a una longitud de onda de 254 nm, utilizando una columna Pico Tag (150 · 3,9 mm) y con un volumen de inyección de 4 µl. La separación se realizó utilizando dos eluentes: (A) buffer de acetato de sodio 0,13 mol/L con 0,5 mL/L TEA, ajustado a pH 6,35 con ácido acético glacial y (B) acetonitrilo al 60 % en agua. La curva de calibración se realizó utilizando seis niveles de concentración (50, 150, 300, 450, 600, 750 pmol/µl) empleando el estándar certificado de Sigma-Aldrich que contiene 17 L-aminoácidos a una concentración de 2,5 mmol/L (excepto la cisteína a 1,25 mmol/L) en HCl 0,1 mol/L. La identificación se realizó de acuerdo con el tiempo de retención obtenido en los estándares individuales. Los análisis se realizaron por triplicado para cada muestra.⁽¹⁷⁾

Resultados y discusión

Análisis fitoquímico

El análisis fitoquímico primario mostró la presencia de diversos compuestos bioactivos como son los taninos, saponinas, esteroides, terpenoides para todas las muestras analizadas. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores, quienes reportaron, de forma general, la presencia de almidón, taninos, alcaloides, glicósidos, saponinas, azúcares, terpenoides y flavonoides en los extractos de hojas, utilizando diversos solventes para su extracción tales como agua, metanol o etanol.^(4, 8, 9)

Composición elemental

La composición elemental promedio obtenida en las hojas fue de 42,03; 5,33 y 5,72 % para el carbono, nitrógeno e hidrógeno respectivamente (tabla 1); mientras que, para el azufre fue menor al 1 %. Esto hace que las hojas puedan ser aprovechadas, por ejemplo, para obtención de carbón activado, o bien como fertilizante o composta.⁽¹⁸⁾

Tabla 1- Composición elemental obtenida en las hojas de *Ricinus communis* (n= 12)

Composición elemental	Unidad	Mínimo	Máximo	Promedio	CV*
Carbono total	%	38,96	43,15	42,03	3,12
Nitrógeno total	%	4,35	6,33	5,53	11,20
Hidrógeno total	%	5,30	5,92	5,72	3,44
Azufre total	%	0,37	0,58	0,43	16,30

*CV: Coeficiente de variación

Análisis proximal

En la tabla 2 se presenta el análisis proximal obtenido en las hojas de *Ricinus communis*. Los parámetros extracto libre de nitrógeno (ELN), materia orgánica (MO) y la energía bruta (EB) fueron evaluados por aproximación, mediante las siguientes ecuaciones,⁽¹⁴⁾ siendo PC (proteína bruta), L (lípidos), FC (fibra cruda) y MS (materia seca)

$$\% ELN = 100 - (\% Humedad + \% PC + \% L + \% FC + \% Ceniza) \quad (1)$$

$$\% MO = \% MS - \% Ceniza \quad (2)$$

$$EB \left(\frac{kcal}{kg} \right) = [(\%PC \cdot 4) + (\%L \cdot 9) + (\%FC \cdot 4)] \cdot 10 \quad (3)$$

La composición química obtenida en el análisis proximal, reveló la presencia de valiosos nutrientes como son la proteína cruda (25,94 -38,31 %), fibra cruda (5,37-6,51 %), lípidos (3,31-4,25 %) y ceniza (8,02-10,7 %). Los macro-minerales evaluados fueron magnesio (0,45-0,56 %), potasio (2,47-3,53 %), calcio (0,81-0,87 %) y fósforo total (0,34-0,55 %). Estos valores son cercanos a lo obtenido por diferentes autores, quienes de forma general, reportan valores en las hojas comprendidos entre 13,13-39,2 % para la proteína cruda, 10,83-

18,5 % para la fibra cruda, 1,55-6,04 % de lípidos y 3,3-9,86 % para el contenido de ceniza.^(8, 19-21)

Es importante comentar, que dicha variación en el contenido de los nutrientes puede deberse a diferentes aspectos, como pueden ser el lugar de origen, la especie o la forma de cultivo. Comparativamente para la torta de *ricinus*, después de la extracción del aceite, algunos autores reportan valores de 32-43 % de proteína y algunos minerales como potasio, magnesio, calcio y fósforo en el intervalo de 0,5-1 %.⁽²²⁾ Como se puede observar, por su alto contenido en proteína y otros nutrientes, previo tratamiento de desintoxicación, las hojas de *Ricinus communis* son muy apreciadas como forraje proteico-energético para la alimentación animal.⁽⁷⁾ Además, Ramírez-Navarro *et al.*,⁽¹⁹⁾ probaron el consumo de harina de la hoja de *R. communis* con ovinos, y Del Viento *et al.*,⁽²³⁾ como forraje con borregos, sin presentar signos de intoxicación en los animales.

Tabla 2- Análisis proximal en las hojas de *Ricinus communis* (n=12)

Parámetro evaluado	Unidad	Mínimo	Máximo	Promedio	CV*
Humedad	%	5,88	11,65	9,07	2,85
Materia Seca (MS)	%	88,35	94,12	90,93	2,05
Proteína cruda (PC)	%	25,94	38,31	33,31	11,20
Fibra cruda (FC)	%	5,37	6,51	5,97	13,23
Lípidos (L)	%	3,31	4,25	3,71	14,40
Ceniza	%	8,02	10,70	9,63	13,80
Extracto Libre Nitrogenado (ELN)	%	38,60	49,02	42,02	8,44
Materia orgánica (MO)	%	80,33	83,42	81,31	9,31
Energía bruta (EB)	kcal/kg	1550	2175	1905	5,97

*CV: Coeficiente de variación

Contenido de flavonoides

En el tabla 3 se presentan los valores obtenidos para los tres flavonoides evaluados en las hojas: miricetina, quercetina y keampferol, los cuales pertenecen al grupo de los flavonoles.

Su identificación se realizó con base al tiempo de elución obtenida en los estándares individuales, siendo de 3,35; 3,83 y 4,55 min, respectivamente para cada uno de ellos. El límite de cuantificación se consideró como el primer punto de la curva de calibración (0,05 mg/L) para cada uno de ellos, y los valores obtenidos para R² fueron mayores a 0,995. También se presenta el perfil de aminoácidos. Estos fueron determinados de forma similar a lo realizado para los flavonoides. El tiempo de análisis obtenido fue de 12 min y los valores para R² fueron mayores a 0,95.

Para los flavonoides, la quercetina (16,19-31,13 %) fue el flavonoide mayoritario, seguida de la miricetina (6,34-12,22 %) y el kaempferol (1,92-2,83 %). En este contexto, existe poca información reportada en la literatura, salvo algunos trabajos de revisión como el realizado por Jena y Gupta, ⁽²⁴⁾ donde reportan para las hojas secas, la presencia de seis compuestos derivados de la quercetina y kaempferol, pues estos son los flavonoles más estudiados. De forma general, los flavonoides son compuestos bioactivos que pertenecen a una clase de metabolitos secundarios producidos por las plantas, y son de importancia tanto nutricional como comercial, principalmente porque no pueden ser sintetizados por humanos ni por animales. Estos nutrientes favorecen a diferentes funciones bioquímicas, enzimáticas y celulares. Presentan propiedades benéficas para la salud por sus efectos antioxidantes, cardiotónicas, antimutagénicas, hepaprotectoras, anticancerosas, antiinflamatorias, antimicrobianos y prevención del Alzheimer. Comercialmente, son componentes indispensables en una gran variedad de productos para aplicaciones nutraceuticas, farmacéuticas, medicinales y cosméticas.⁽²⁵⁾

Tabla 3-Contenido de flavonoides y aminoácidos en las hojas de *Ricinus communis* (n=12)

Nutriente	Unidad	Mínimo	Máximo	Promedio	CV*
Flavonoide					
Miricetina	%	0,63	1,22	0,82	20,87
Quercetina	%	1,62	3,11	2,28	22,43
Kaempferol	%	0,19	0,28	0,22	24,40
Aminoácido					
Lisina	%	1,26	1,91	1,67	7,28

Metionina	%	0,41	0,63	0,55	7,83
Cistina	%	0,30	0,45	0,40	7,56
Treonina	%	0,96	1,45	1,27	10,3
Arginina	%	1,37	2,07	1,81	9,94
Isoleucina	%	0,99	1,50	1,32	11,4
Leucina	%	1,77	2,67	2,34	9,42
Valina	%	1,25	1,89	1,65	10,8
Histidina	%	0,50	0,76	0,66	11,5
Fenilalanina	%	1,28	1,93	1,69	10,4
Glicina	%	1,14	1,73	1,51	12,5
Serina	%	0,87	1,32	1,16	9,51
Prolina	%	1,24	1,88	1,65	12,7
Alanina	%	1,30	1,96	1,72	10,5
Ácido aspártico	%	2,18	3,31	2,89	9,69
Ácido glutámico	%	2,73	4,13	3,61	10,5
Ácido g-aminobutírico	%	0,29	0,44	0,39	11,8

*CV: Coeficiente de variación

Por otro lado, los aminoácidos encontrados en las hojas en mayor proporción (tabla 3) fueron el ácido glutámico (2,73-4,13 %), ácido aspártico (2,18 -3,31 %), leucina (1,77-2,67 %) y arginina (1,37-2,07 %). Mientras que, algunos de los aminoácidos prioritarios para la alimentación animal, como son la lisina y metionina estuvieron entre 1,26-1,91 y 0,41-0,63 %, respectivamente. Estos nutrientes son compuestos bioactivos multifuncionales de gran relevancia nutricional, ya que participan activamente en diversos procesos metabólicos como son la síntesis de nuevas proteínas o de otros metabolitos corporales, coadyuvan en la estimulación del sistema inmunológico o como neurotransmisores; además, también pueden servir como fuentes inmediatas de energía metabólica cuando son oxidados a dióxido de carbono.⁽²⁵⁾

Conclusiones

Se precisó la composición química y la presencia de algunos nutrientes en las hojas de *Ricinus communis* (1753), recolectadas en doce sitios de muestreo en la ciudad de Silao de la Victoria, Guanajuato, México. Las hojas de esta planta son una materia prima rica en diversos compuestos bioactivos de interés nutricional y comercial como son las saponinas, taninos, terpenoides, esteroides, flavonoides y aminoácidos. También presentaron un alto contenido proteico, macro-minerales como el magnesio, calcio, potasio y fósforo y son ricas en carbono y nitrógeno. Todos estos compuestos le confieren diversas propiedades benéficas para la salud, o bien, para su aprovechamiento en otros sectores, ya sea como fuente proteica para alimentación animal, fertilizante o composta, para obtención de carbón activado o para el curtido vegetal de pieles. Además, otros de sus beneficios son, que es una planta disponible todo el año, de fácil cultivo y de bajo costo, lo cual potencializa su valorización.

Agradecimientos

Agradecemos a FJAA por su colaboración en la revisión del manuscrito y también a los revisores anónimos de la Revista Cubana de Química por sus valiosos comentarios para mejorar el presente documento.

Referencias bibliográficas

1. BARRIOS-GÓMEZ, E. J.; CANUL-KU, J.; HERNÁNDEZ-ARENAS, M. G.; SOLÍS-BONILLA J. L. “Evaluación de dos ciclos de higuierilla en Morelos, México: siembra y rebrote”, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2018, **9** (8), 1663-1673. eISSN 2007-9230.

2. GARCÍA-HERRERA, E. J. *et al.* "Evaluation of Higuierilla collectors (*Ricinus communis* L.) from the Central-Northern altiplano of Mexico", *Agro Productividad*. 2019, **12** (1), 25-31. eISSN 2594-0252.
3. VASCO-LEAL, J. F.; HERNÁNDEZ-RÍOS, I.; MÉNDEZ-GALLEGOS, S. J.; CUELLAR-NÚÑEZ, M. L.; MOSQUERA-ARTAMONOV, J. D. "Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis* L.", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017, **8** (6). ISSN 2007-0934.
4. ABDUL, W. M. *et al.* "Therapeutic role of *Ricinus communis* L. and its bioactive compounds in disease prevention and treatment", *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2018, **11** (3), 177-185. ISSN 1995-7645.
5. AUDI, J.; BELSON, M.; PATEL, M.; SCHIER, J.; OSTERLOH, J. "Ricin poisoning: a comprehensive review", *JAMA*. 2005, **294** (18), 2342-2351. Doi:10.1001/jama.294.18.2342.
6. MALDONADO-FUENTES, A. *et al.* "Pasta de higuierilla desintoxicada en dietas para pollos de engorda", *Reve Mex Cienc Pecu*. 2020, **11** (3), 605-619. ISSN 2428-6698.
7. PALMA-GARCÍA, J. M. "Utilización de *Ricinus communis* L. (higuierilla) en el desarrollo de sistemas silvopastoriles", *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2018, **22** (1): 43-44. eISSN 2683-1716.
8. GOPALKRISHNAN, B. "Pharmacognostical evaluation of castor leaves", *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2015, **4** (11), 1260-1266. ISSN 2278-4357.
9. KRISHNAMOORTHY, V. "Primary phytochemical analysis of *Ricinus communis*", *Drug Invention Today*. 2019, **12** (8), 1670-1672. eISSN 0975-7619.
10. ANNONGU, A.; JOSEPH, J. "Proximate analysis of castor seeds and cake", *J. Appl. Sci. Environ. Manage*. 2008, **12** (1), 39-41. eISSN 2659-1502.
11. CHAKRABORTHY, G. "Antioxidant activities of the successive extracts of *Ricinus communis* leaves", *Journal of Environmental Research and Development*. 2008, **3** (2), 537-539. eISSN 2319-5983.
12. FLORES-MACÍAS, A. *et al.* "Effect of potassium nitrate on the production of ricinine by *Ricinus communis* and its insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda*", *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2016, **39** (1), 41-47. eISSN 0187-7380.
13. VALDIVIA, A. *et al.* "Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de *Piper auritum* Kunth", *Avances en Investigación Agropecuaria*. 2018, **22** (1), 77-89. ISSN 0188789-0

14. FAO. Quality assurance for animal feed analysis laboratories. FAO Animal Production and Health Manual No. 14. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 2011.
15. EPA. Method 6010C (SW-846): Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Environmental Protection Agency (EPA), 2007.
16. SAVIC, I.; NIKOLIC, V.; SAVIC, I.; NIKOLIC L.; STANKOVIC. M. "Development and validation of a new RP-HPLC method for determination of quercetin in green tea", *Journal of Analytical Chemistry*. 2013, **68** (10), 906-911. ISSN 1608-3199.
17. MORA-MALDONADO, L. E. *et al.* "Reciclado de subproductos de origen animal: Composición y valor nutritivo del pelo bovino hidrolizado hidrotérmicamente", *Revista de Ciencias Ambientales (Trp J. Environ Sci)*. 2020, **54** (2), 92-110. ISSN 2215-3896.
18. WORBS, S. *et al.* (2011). "Ricinus communis intoxications in human and veterinary medicine-A summary of real cases", *Toxins*. 2011, **3**(10),1332-1372. ISSN 2072-6651.
19. RAMÍREZ-NAVARRO, L. A., DEL VIENTO-CAMACHO, A.; ZORRILLA-RÍOS, J. M.; PALMA-GARCÍA, J. M. "Substitución of *Medicago sativa* L. by *Ricinus communis* L. leaf, in pregnant ewes", *Pastos y Forrajes*. 2020, **43** (2), 136-143. ISSN 2078-8452.
20. PINO-MORENO, J. M.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, A.; ÁNGELES-CAMPOS, S. C.; GARCÍA-PÉREZ, A.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, L. T. "Análisis químico proximal de las pupas del gusano eri (*Samia cynthia ricini* Drury, 1773) (Lepidoptera: Saturniidae) y de las hojas de sus hospedero (*Ricinus communis* L. 1753) (Familia: Euphorbiacea)", *Entomología Mexicana*. 2019, (6), 536-542. ISSN 2448-475X.
21. ROSTAGNO, H. S. *et al.* *Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. 4^a edición. Vicosa, Brasil. Editor Horacio Santiago Rostagno. 2017. ISBN 978-85-8179-122-7.
22. LACERDA, R. *et al.* "Castor bean (*Ricinus communis* L.) cake protein extraction by alkaline solubilization: definition of process parameters", *Chemical Engineering Transactions*. 2014, **37**, 775-780. ISSN 2283-9216.
23. JENA, J.; GUPTA, A. K. "*Ricinus communis* linn: a phytopharmacological review", *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2012, **4** (4), 25-29. ISSN en línea 0975-1491.
24. KARAK, P. "Biological activities of flavonoids: an overview", *Int J. Pharm Sci and Res*. 2019, 10 (4),1567-1574. ISSN 0975-8232.

25. ROSE, A. J. “Amino acid nutrition and metabolism in health and disease”, *Nutrients*. 2019, **11** (11), 2623. PMID: 31683948 <https://doi.org/10.3390/nu11112623>.

Conflicto de interés

Las autoras declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de autores

María Maldonado-Santoyo: participó en el diseño, redacción, discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

Gladys Morales-López: participó en el diseño, discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.