

Efecto antioxidante *in vivo* del extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. (hierba mora) en úlcera gástrica crónica en *Rattus rattus* var. *albinus*

In vivo antioxidant effect of Solanum americanum Mill. (black nightshade) ethanolic extract in chronic gastric ulcer in *Rattus rattus* var. *albinus*

Rocío J. Varas-Ponce^{1,2,a}, Jorge L. Arroyo-Acevedo^{3,b}

¹ Servicio de Farmacia, Instituto Nacional Materno Perinatal. Lima, Perú.

² Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

³ Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

^a Química Farmacéutica, Magíster en Farmacología con mención en Farmacología Experimental

^b Médico Cirujano, Doctor en Farmacia y Bioquímica

Resumen

Introducción: *Solanum americanum* Mill. es una planta con potencial en úlcera gástrica. **Objetivos:** Determinar el potencial antioxidante del extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. en un modelo experimental de úlcera gástrica crónica. **Métodos:** Se desarrolló un estudio experimental controlado en ratas (*Rattus rattus* var. *Albinus*), cepa Sprague-Dawley. Treinta animales se dividieron aleatoriamente en cinco grupos (n=6). Se aplicó ácido acético al 20% para inducir úlceras gástricas. Los tratamientos incluyeron suero fisiológico (grupos control) y extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. a dosis de 100, 200 y 400 mg/kg VO. Se evaluó el efecto antioxidante mediante análisis macroscópico e histológico del tejido gástrico, y determinación de los niveles séricos de malondialdehído (MDA) con el ensayo TBARS. El análisis estadístico se realizó con ANOVA y prueba post hoc de Tukey, considerando significancia estadística si $p < 0,05$. **Resultados:** El estudio fitoquímico mostró abundante presencia de compuestos fenólicos, aminoácidos y glicósidos. En los grupos tratados con extracto no se evidenciaron lesiones gástricas, a diferencia del grupo control positivo que presentó úlceras, hemorragias y edema. Histológicamente, los grupos tratados mostraron integridad tisular y regeneración, especialmente a 400 mg/kg. Los niveles séricos de MDA fueron significativamente menores en los grupos tratados, siendo $4,4 \pm 0,1$ mmol/mL en el grupo de mayor dosis, frente a $7,0 \pm 0,4$ mmol/mL del grupo control positivo ($p < 0,001$). **Conclusión:** El extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. mostró actividad antioxidante significativa *in vivo*, asociada a una mejora histológica de la mucosa gástrica y reducción de MDA. Podría considerarse una alternativa terapéutica natural para la úlcera gástrica.

Palabras clave: Úlcera gástrica; mucosa gástrica; antioxidantes; Solanum; malondialdehído (Fuente: DeCS BIREME).

Abstract

Introduction: *Solanum americanum* Mill. is a plant with potential therapeutic effects on gastric ulcers. **Objectives:** To determine the antioxidant potential of the ethanolic extract of *Solanum americanum* Mill. in an experimental model of chronic gastric ulcer. **Methods:** A controlled experimental study was conducted in rats (*Rattus rattus* var. *Albinus*), Sprague-Dawley strain. Thirty animals were randomly assigned to five groups (n = 6). Gastric ulcers were induced using 20% acetic acid. Treatments included physiological saline (control groups) and *Solanum americanum* Mill. ethanolic extract at doses of 100, 200, and 400 mg/kg orally. The antioxidant effect was assessed through macroscopic and histological examination of gastric tissue, as well as measurement of serum malondialdehyde (MDA) levels using the TBARS assay. Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's post hoc test, with significance set at $p < 0.05$. **Results:** Phytochemical screening revealed abundant phenolic compounds, amino acids, and glycosides. No gastric lesions were observed in the extract-treated groups, unlike the positive control group, which showed ulcers, hemorrhages, and edema. Histologically, treated groups exhibited tissue integrity and regeneration, particularly at 400 mg/kg. Serum MDA levels were significantly lower in treated groups, with 4.4 ± 0.1 mmol/mL in the highest-dose group compared to 7.0 ± 0.4 mmol/mL in the positive control group ($p < 0.001$). **Conclusion:** The ethanolic extract of *Solanum americanum* Mill. demonstrated significant *in vivo* antioxidant activity, associated with histological improvement of the gastric mucosa and reduction of MDA levels. It may be considered a potential natural therapeutic alternative for gastric ulcers.

Keywords: Stomach ulcer; gastric mucosa; antioxidants; Solanum; malondialdehyde (Source: MeSH NLM).

ARTÍCULO ORIGINAL AO

DOI: [10.26722/rpmi.2025.v10n1.824](https://doi.org/10.26722/rpmi.2025.v10n1.824)

Información del artículo

Fecha de recibido

21 de febrero del 2025

Fecha de aprobado

28 de marzo del 2025

Correspondencia

Rocío Jovanna Varas-Ponce

rvarasp@unmsm.edu.pe

Conflictos de interés

Las autoras declaran no tener conflicto de interés.

Contribuciones de autoría

RJVP: Conceptualización, investigación, análisis formal y redacción - borrador original. JLAA: Conceptualización, supervisión, análisis formal y redacción-revisión y edición. Todos los autores aprobaron la versión final a publicar.

Financiamiento

Autofinanciado.

Citar como

Varas-Ponce RJ, Arroyo-Acevedo JL. Efecto antioxidante *in vivo* del extracto de *Solanum americanum* Mill. (hierba mora) en úlcera gástrica crónica en *Rattus rattus* var *albinus*. Rev Per Med Integr. 2025;25(1):42-50. doi: [10.26722/rpmi.2025.v10n1.824](https://doi.org/10.26722/rpmi.2025.v10n1.824)

Introducción

La úlcera gástrica es una de las patologías más comunes del tracto gastrointestinal. Su etiología incluye principalmente la infección por *Helicobacter pylori* y el uso de medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINES), cuya combinación puede aumentar significativamente el riesgo de complicaciones como sangrado o perforación (1–3). Las complicaciones más frecuentes incluyen anemia, hemorragia, perforación y obstrucción, mientras que una menos habitual, aunque significativa, es el cáncer gástrico [4].

Para su tratamiento se utilizan fármacos capaces de neutralizar la acidez gástrica, citoprotectores y agentes inhibidores de la secreción ácida como los inhibidores de bomba de protones (IBP). Estos han demostrado ser eficaces en la prevención y curación de la úlcera, aunque presentan efectos adversos como arritmia, ginecomastia, cefalea, gastritis atrófica, y alteraciones hematopoyéticas [1]. Esta situación ha motivado la búsqueda de alternativas terapéuticas, como el uso de probióticos, que podrían ofrecer beneficios similares con menor riesgo de efectos secundarios [5,6].

Una de las líneas de investigación más prometedoras en el tratamiento de la úlcera gástrica es el uso de compuestos naturales con propiedades antioxidantes. Esto se debe a que la inflamación gástrica favorece la producción de radicales libres, los cuales provocan daño oxidativo a nivel de macromoléculas biológicas, membranas celulares y lipoproteínas a través de la peroxidación lipídica. Un biomarcador clave de este proceso es el malondialdehído (MDA), una molécula altamente tóxica que reacciona fácilmente con proteínas y ADN, contribuyendo a la progresión de lesiones gástricas [7–10]. Estudios recientes han mostrado que antioxidantes naturales como el ácido rosmarínico, sinápico, betaína y extractos vegetales reducen de manera significativa los niveles de MDA, mitigando el estrés oxidativo y promoviendo la regeneración de la mucosa gástrica.

En este contexto, la medicina tradicional ha empleado históricamente plantas medicinales para tratar afecciones gastrointestinales. Entre ellas se encuentra la hierba mora, *Solanum americanum* Mill., especie conocida también por sinónimos como *Solanum depilatum* Bitter y *Solanum nodiflorum* Jacq., y relacionada taxonómicamente con *Solanum nigrum* L. Ha sido utilizada tradicionalmente como analgésico y en el tratamiento de afecciones gástricas, reumatismos y otros trastornos [11,12]. Estudios recientes han demostrado que esta planta posee propiedades antioxidantes y potencial actividad

anticancerígena [13,14]. Su perfil fitoquímico incluye glicocalcoides esteroideos (solanina, solasonina, solanigrina y solamargina), flavonoides, taninos, saponinas, compuestos fenólicos, proteínas, carbohidratos, cumarinas y fitoesteroides; todos ellos con posibles efectos terapéuticos [15]. En particular, los compuestos fenólicos destacan por su capacidad para modular enzimas, interferir en mecanismos de señalización celular y participar en reacciones redox, lo que podría contribuir a retardar el desarrollo de enfermedades crónicas y procesos oxidativos [15,16].

Considerando los efectos adversos del tratamiento farmacológico convencional y el creciente interés en terapias naturales, *Solanum americanum* Mill. podría representar un coadyuvante potencial, viable y de bajo costo, para el tratamiento de la úlcera gástrica en nuestro país. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto antioxidante *in vivo* del extracto etanólico de la planta *Solanum americanum* Mill. en úlcera gástrica crónica en ratas.

Metodología

Diseño y área de estudio

Este estudio corresponde a un diseño experimental controlado, orientado a evaluar el efecto antioxidante *in vivo* del extracto etanólico de la planta entera de *Solanum americanum* Mill en un modelo de úlcera gástrica crónica inducida en ratas (*Rattus rattus* var. *Albinus*). La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Farmacología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), ubicado en la provincia de Lima, departamento de Lima, Perú, durante el mes de septiembre del 2023.

Población y muestra

La población estuvo conformada por especímenes de *Rattus rattus* var. *Albinus*, de la cepa Sprague-Dawley, todos machos, con un rango de peso entre 200 y 250 g, provenientes del Instituto Nacional de Salud. Se seleccionó una muestra aleatoria compuesta por treinta animales, distribuidos equitativamente en cinco grupos experimentales. El tamaño de muestra se calculó aplicando un modelo basado en la diferencia de medias, considerando una diferencia esperada de 2,5 unidades entre grupos, una desviación estándar común de 1,6, un nivel de confianza del 95 % y una potencia estadística del 80 %. Bajo estos parámetros, se estimó un tamaño mínimo de muestra de 5,7 animales por grupo, redondeado a seis.

Variables e instrumentos

La variable dependiente fue el efecto antioxidante *in vivo*, evaluado mediante el análisis macroscópico (a partir de signos como congestión, edema y hemorragia), análisis histológico de las lesiones gástricas inducidas y la cuantificación de los niveles séricos de malondialdehído (MDA). La úlcera gástrica crónica se indujo mediante la administración de 0,03 ml de una solución de ácido acético al 20%. La variable independiente correspondió a los tratamientos administrados, distribuidos en cinco grupos: control negativo, control positivo y extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill a dosis de 100, 200 y 400 mg/kg de peso corporal. Los instrumentos utilizados incluyeron balanza analítica, microscopio electrónico, matraz Erlenmeyer, probeta, balón de base plana y vaso de precipitación para la preparación del extracto; además de tubos de ensayo, centrífuga y espectrofotómetro para el análisis bioquímico.

Procedimientos

Para la **preparación del extracto etanólico** de *Solanum americanum* Mill, se utilizó la planta entera, la cual fue macerada en alcohol etílico al 96° durante 72 horas. Posteriormente, la solución fue filtrada y el residuo seco se desecó en una estufa. El extracto seco se pesó y se preparó una solución acuosa con agua destilada, calculando una concentración de 100 mg/ml.

En el **estudio fitoquímico preliminar** del extracto etanólico, se pesaron 0,5 g del extracto seco, los cuales se disolvieron en 1 ml de metanol. Luego, se tomó 0,1 ml de esta solución y se distribuyó en tubos de ensayo rotulados del I al X. El tubo I fue el blanco. A los tubos II al X se les añadieron, respectivamente, los siguientes reactivos: Ninhidrina, Gelatina, FeCl₃, Dragendorff, Mayer, NaOH, Lieberman, Molish y Shinoda.

Los **animales fueron aclimatados** durante siete días previos al experimento, con alimentación estándar y acceso libre a agua, a una temperatura de 20±4 °C y un fotoperiodo de doce horas. Se pesaron individualmente y se distribuyeron aleatoriamente en cinco grupos de seis animales, alojados en jaulas diferenciadas por tratamiento. La administración del tratamiento se realizó por vía oral (VO), una vez al día durante catorce días, de la siguiente manera: Grupo I (control negativo): suero fisiológico 2 ml/kg; Grupo II (control positivo): suero fisiológico 2 ml/kg; Grupo III: extracto etanólico 100 mg/kg; Grupo IV: extracto etanólico 200 mg/kg; y Grupo V: extracto etanólico 400 mg/kg.

El noveno día del experimento **se indujo la úlcera gástrica** a los animales de los grupos II a V mediante una inyección de 0,03 mL de ácido acético al 20 % en la submucosa de la pared anterior del estómago glandular, entre el borde del fundus y el antro, bajo anestesia con ketamina (80 mg/kg) y xilacina (10 mg/kg), ambas por vía intraperitoneal (VIP). Para ello, se realizó una incisión epigástrica en la línea media abdominal, se expuso el estómago y se aplicó la solución ácida; tras la aplicación, se suturó la herida. Posteriormente, se administró tramadol (5 mg/kg VIP) cada doce horas durante tres días para el control del dolor. Cuatro horas después de la inducción de la úlcera, se reinició la administración del tratamiento correspondiente a cada grupo, continuando hasta el día catorce, completando así un total de catorce días de tratamiento. En el día catorce, los animales fueron anestesiados con pentobarbital (100 mg/kg VIP), se recolectaron muestras de sangre en tubos rotulados y se procedió al sacrificio. Los estómagos fueron extraídos mediante apertura por la curvatura mayor, lavados con suero fisiológico, fijados sobre placas de tecnopor y conservados en formol al 40 % para su posterior análisis histopatológico.

La **determinación de MDA** se basó en el ensayo TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico). En este procedimiento, el MDA del suero reacciona con el ácido tiobarbitúrico (TBA) en presencia de calor y ácido, generando un compuesto coloreado que refleja el nivel de peroxidación lipídica. Para el análisis, se colocaron 0,3 ml de suero en un tubo de ensayo, se añadieron 0,6 ml de ácido tricloroacético al 20% y se calentó en baño maría por diez minutos. Tras enfriar, se agregaron 0,9 ml de TBA al 0,67% en HCl 0,25 N, se mezcló y se calentó nuevamente en baño maría por treinta minutos. Luego, se enfrió con agua helada y se centrifugó a 4 000 rpm durante diez minutos. El sobrenadante fue recogido y las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 535 nm.

Análisis estadístico

Se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) para comparar los valores medios entre los grupos. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar (DE). Se aplicó la prueba post hoc de Tukey para identificar diferencias entre grupos. Se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95%.

Aspectos éticos

Este estudio se realizó en conformidad con los principios éticos establecidos para la investigación con animales de experimentación. El protocolo fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM.

Resultados

En la Tabla 1 se puede observar que el extracto etanólico de la planta entera de *Solanum americanum* Mill. mostró una detección abundante (+++) de aminoácidos, compuestos fenólicos y glicósidos, así como una detección en cantidad regular (++) de taninos, alcaloides (confirmado por los reactivos de Dragendorff y Mayer) y esteroides o triterpenoides, mientras que no se evidenció presencia de quinonas ni flavonoides.

La Tabla 2, muestra que después de la administración del extracto etanólico a 100, 200 y 400 mg/kg VO de

Solanum americanum Mill, a los diferentes grupos de experimentación, no se observaron la formación de úlcera gástrica, edema, congestión y hemorragia en comparación con el grupo control positivo, que sí los presenta. Estos resultados fueron evidenciados en las 6 muestras de cada grupo.

En la Figura 1 se puede observar que la mucosa gástrica de los grupos tratados con el extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. no presenta lesiones, a diferencia del grupo control positivo, que muestra úlcera gástrica y hemorragia.

En la Figura 2 se puede observar que el grupo control positivo muestra esfacelación, edema e inflamación, mientras que los grupos tratados con extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. presentan conservación de la mucosa, submucosa, vasos sanguíneos y capa muscular, con indicios de regeneración tisular en el grupo con la dosis más alta.

Tabla 1. Estudio fitoquímico del extracto etanólico de la planta entera de *Solanum americanum* Mill.

Tubos	Reactivo	Tipo de compuesto	Detección cualitativa
I	Blanco		-
II	Ninhidrina	Aminoácidos	+++
III	Gelatina	Taninos	++
IV	FeCl ₃	Compuestos fenólicos	+++
V	Dragendorff	Alcaloides	++
VI	Mayer	Alcaloides	++
VII	NaOH	Quinonas	-
VIII	Lieberman	Esteroides ó triterpenoides	++
IX	Molish: α naftol + H ₂ SO ₄ (4 gotas)	Glicósidos	+++
X	Shinoda: Mg metálico + HCl (2 gotas)	Flavonoides	-

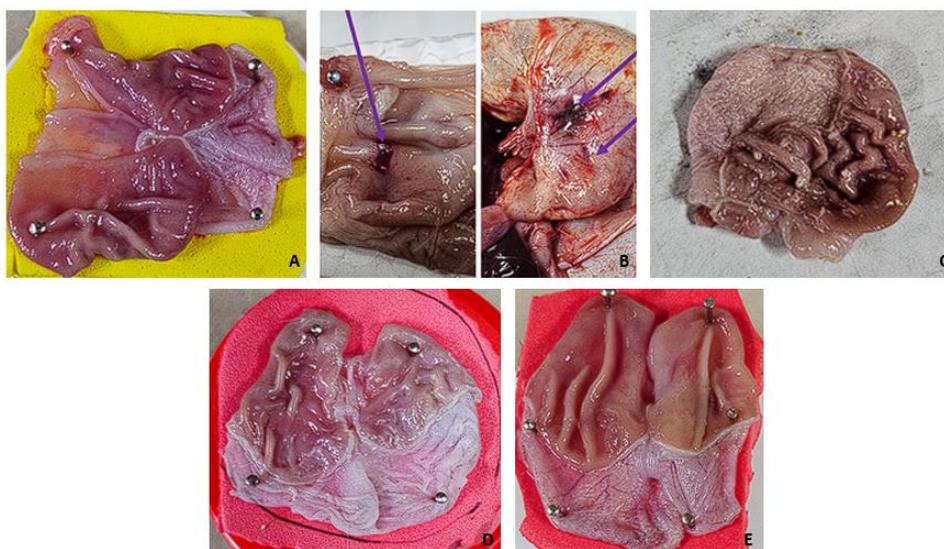
Leyenda: Ninguno = (-); poca cantidad = (+); regular cantidad = (++); abundante cantidad = (+++)

Tabla 2. Evaluación de la mucosa gástrica en úlcera gástrica inducida con ácido acético 20% en especímenes de *Rattus rattus* var. *Albinus*, de la cepa Sprague-Dawley

Grupo	Tratamiento	Úlcera gástrica	Congestión	Edema	Hemorragia
I	Control negativo: SSF 2ml/kg peso VO (sin inducción de úlcera).	A	-	A	-
II	Control positivo: Úlcera gástrica y SSF 2ml/kg peso VO.	P	+++	P	+++
III	Tratamiento*: Úlcera gástrica y extracto etanólico 100mg/kg peso VO.	A	-	A	-
IV	Tratamiento*: Úlcera gástrica y extracto etanólico 200mg/kg peso VO.	A	-	A	-
V	Tratamiento*: Úlcera gástrica y extracto etanólico 400mg/kg peso VO.	A	-	A	-

* Tratamiento con *Solanum americanum* Mill.

P: presente. A: ausente. (-): ninguno. (+): leve. (++) : moderado. (+++) : severo. SSF: suero fisiológico. VO: vía oral.

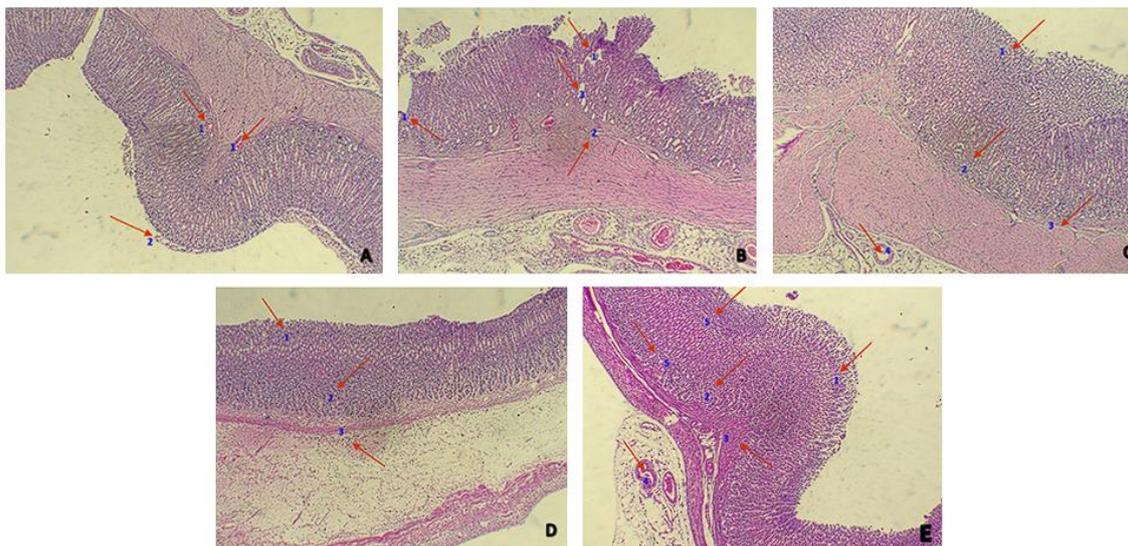


A: Mucosa gástrica en grupo control negativo, tratado con SSF 2 ml/kg peso VO sin inducción de úlcera gástrica, no presenta lesiones. B: Mucosa gástrica en grupo control positivo, tratado con SSF 2 ml/kg peso VO e inducción de úlcera, se puede apreciar la formación de úlcera gástrica y hemorragia. C: Mucosa gástrica en grupo tratado con extracto* a 100mg/kg peso VO e inducción de úlcera, no presenta lesiones. D: mucosa gástrica en grupo tratado con extracto* a 200mg/kg peso VO, e inducción de úlcera, no presenta lesiones. E: mucosa gástrica en grupo tratado con extracto* a 400mg/kg peso VO, e inducción de úlcera, no presenta lesiones.

SSF: suero fisiológico. VO: vía oral.

* Extracto etanólico de la planta de *Solanum americanum* Mill.

Figura 1. Estudio macroscópico de la mucosa gástrica en úlcera gástrica inducida con ácido acético 20% en especímenes de *Rattus rattus* var. *Albinus*, de la cepa Sprague-Dawley.



A: En el grupo control negativo se observa una estructura de mucosa gástrica normal, con vasos sanguíneos visibles y una ligera descamación fisiológica. B: En el grupo control positivo, al que se le indujo úlcera gástrica, se evidencia esfacelación por falta de irrigación, edema y un marcado proceso inflamatorio. C: En el grupo tratado con extracto* a 100 mg/kg, la mucosa gástrica y la submucosa se mantienen conservadas, con presencia de vasos sanguíneos sin alteraciones. D: En el grupo tratado con 200 mg/kg, se observa una mucosa y submucosa íntegras, así como la conservación de la capa muscular gástrica. E: En el grupo tratado con 400 mg/kg, la mucosa, submucosa y capa muscular muestran integridad estructural, con vasos sanguíneos normales y evidencia de hiperplasia celular asociada a un posible efecto protector.

* Extracto etanólico de la planta de *Solanum americanum* Mill.

Figura 2. Cortes histológicos de mucosa gástrica según tratamiento recibido en especímenes de *Rattus rattus* var. *Albinus*, cepa Sprague-Dawley, con úlcera gástrica inducida, evaluados mediante tinción con hematoxilina-eosina (4X).

La Tabla 3 presenta los niveles séricos de MDA, expresados como media \pm desviación estándar, en ratas con úlcera gástrica inducida. Se incluyen un grupo control negativo, un control positivo y tres grupos tratados con extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. a dosis de 100, 200 y 400 mg/kg por VO.

La Tabla 4 presenta las diferencias de medias en los niveles séricos de malondialdehído entre los grupos experimentales mediante comparaciones cruzadas. Todas las comparaciones entre grupos mostraron diferencias estadísticamente significativas, con valores de *p* menores a 0,05. Los resultados incluyen el intervalo de confianza al 95 % para cada diferencia.

Tabla 3. Niveles séricos de malondialdehído en ratas (*Rattus rattus* var. *Albinus*, cepa Sprague-Dawley) con úlcera gástrica inducida tratadas con extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill

Grupo experimental	MDA, media \pm DE (mmol/mL)
Control negativo (suero fisiológico 2 mL/kg VO, sin inducción)	0,4 \pm 0,1
Control positivo (úlcera gástrica inducida + suero fisiológico 2 mL/kg VO)	7,0 \pm 0,4
Extracto etanólico de <i>S. americanum</i> 100 mg/kg VO (úlcera gástrica inducida)	5,8 \pm 0,3
Extracto etanólico de <i>S. americanum</i> 200 mg/kg VO (úlcera gástrica inducida)	5,1 \pm 0,1
Extracto etanólico de <i>S. americanum</i> 400 mg/kg VO (úlcera gástrica inducida)	4,4 \pm 0,1

MDA: Malondialdehído. DE: Desviación estándar. VO: Vía oral.

Tabla 4. Comparación cruzada del nivel sérico de malondialdehído (mmol/mL) entre tratamientos en ratas con úlcera gástrica inducida (*Rattus rattus* var. *Albinus*, cepa Sprague-Dawley)

Tratamiento*	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
Grupo I	-6,6 (-7,0 a -6,1); p<0,001	-5,4 (-5,8 a -5,0); p<0,001	-4,7 (-5,1 a -4,3); p<0,001	-4,0 (-4,4 a -3,6); p<0,001
Grupo II	—	-1,1 (-1,6 a -0,7); p<0,001	-1,8 (-2,3 a -1,4); p<0,001	-2,6 (-3,0 a -2,1); p<0,001
Grupo III	1,1 (0,7 a 1,6); p<0,001	—	-0,7 (-1,1 a -0,3); p=0,003	-1,4 (-1,8 a -1,0); p<0,001
Grupo IV	1,8 (1,4 a 2,3); p<0,001	0,7 (0,3 a 1,1); p=0,003	—	-0,7 (-1,1 a -0,3); p=0,002
Grupo V	2,6 (2,1 a 3,0); p<0,001	1,4 (1,0 a 1,8); p<0,001	0,7 (0,3 a 1,1); p=0,002	—

* Entre paréntesis se muestra el intervalo de confianza al 95%.

Grupo I: Control negativo. Recibió suero fisiológico 2 mL/kg por vía oral, sin inducción de úlcera. Grupo II: Control positivo. Se indujo úlcera gástrica y se administró suero fisiológico 2 mL/kg por vía oral. Grupo III: Se indujo úlcera gástrica y se administró extracto etanólico de *Solanum americanum* a una dosis de 100 mg/kg por vía oral. Grupo IV: Se indujo úlcera gástrica y se administró extracto etanólico de *Solanum americanum* a una dosis de 200 mg/kg por vía oral. Grupo V: Se indujo úlcera gástrica y se administró extracto etanólico de *Solanum americanum* a una dosis de 400 mg/kg por vía oral.

Discusión

En el presente estudio, el análisis fitoquímico del extracto etanólico de la planta entera de *Solanum americanum* Mill reveló una detección abundante de aminoácidos, compuestos fenólicos y glicósidos, una detección regular de taninos, alcaloides y esteroides o triterpenoides, y la ausencia de flavonoides. Este resultado contrasta con estudios previos realizados en *Solanum nigrum* L., una especie del mismo género, donde se reportó un contenido total de alcaloides entre 0,066 y 0,389 mg/g, y de flavonoides entre 0,240 y 0,582 mg/g dependiendo del órgano vegetal analizado y del tipo de solvente acidificado utilizado, siendo las hojas las que

concentraron la mayor cantidad de flavonoides [17]. De manera adicional, se ha documentado que los extractos de *Solanum nigrum* poseen una notable actividad antioxidante en modelos celulares *in vitro*, atribuida principalmente a su contenido de compuestos fenólicos; en particular, se evaluaron extractos polares de hojas obtenidos con soluciones hidroalcohólicas y acuosas, los cuales lograron restaurar el estado oxidativo alterado por glutamato en cultivos primarios de astrocitos, reduciendo el daño celular asociado al estrés oxidativo [18]. En conjunto, estos hallazgos respaldan que los metabolitos secundarios detectados en *Solanum americanum* Mill, tales como compuestos fenólicos, taninos, alcaloides y terpenoides, podrían contribuir de forma

significativa a su actividad antioxidante y gastroprotectora, considerando que estas moléculas ejercen efectos moduladores del estrés oxidativo, propiedades antiinflamatorias, antisecretorias y de citoprotección gástrica, según lo reportado en la literatura [19–25]. Aunque no se detectaron flavonoides en el extracto etanólico analizado, la presencia significativa de otros compuestos bioactivos sugiere un potencial terapéutico relevante, lo que refuerza la importancia de *Solanum americanum* como fuente fitoterapéutica y justifica la necesidad de continuar caracterizando cuantitativamente sus metabolitos con métodos más específicos.

En el presente estudio, se observó que los animales tratados con el extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill no desarrollaron úlceras gástricas al finalizar el protocolo experimental, lo cual sugiere un efecto gastroprotector completo. Este hallazgo coincide con estudios previos realizados con *Solanum nigrum*, especie del mismo género, que han reportado una protección del 100 % frente a úlceras gástricas inducidas, tanto con extractos acuosos como lipofílicos, en modelos con indometacina [26] y con extractos de frutos secos frente a úlceras inducidas con aspirina [27]. En este último, se evidenció que el tratamiento con extracto no solo evitó la hemorragia y la necrosis, sino que también aumentó el grosor de la capa mucosa gástrica y promovió la regeneración celular. En conjunto, estos antecedentes apoyan que los compuestos bioactivos presentes en *Solanum americanum*, como compuestos fenólicos, glicósidos, taninos y alcaloides, podrían desempeñar un rol clave en la protección de la mucosa gástrica, posiblemente mediante mecanismos combinados de acción antioxidante, citoprotectora y regenerativa [28]. Este efecto protector total observado fortalece la hipótesis de que *Solanum americanum* representa una fuente fitoterapéutica valiosa en la prevención de lesiones gástricas inducidas por agentes ulcerogénicos, y justifica su consideración en el desarrollo de terapias naturales para trastornos gastrointestinales. En consecuencia, resulta pertinente continuar explorando su potencial farmacológico mediante ensayos clínicos y estudios de aislamiento de principios activos que permitan validar y estandarizar su uso terapéutico [29].

Por otro lado, se observó también un efecto beneficioso del extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill en la reducción de los niveles de malondialdehído (MDA), un marcador clave del daño oxidativo por peroxidación lipídica. Este resultado sugiere que el extracto posee actividad antioxidante significativa, particularmente bajo condiciones de estrés inducido. Este hallazgo concuerda con estudios previos realizados en otras especies del mismo género. Por ejemplo, Xu et al. [30] demostraron que *Solanum nigrum* acumulaba aminoácidos como prolina, histidina y glicina, y aumentaba la biosíntesis de

ácidos orgánicos como el cítrico y málico, lo que confería una mayor tolerancia al estrés por cadmio, evidenciado también por una disminución en los niveles de MDA. De manera complementaria, Bao et al. [31] reportaron que *Solanum nigrum* presentaba mayor actividad de enzimas antioxidantes (SOD, CAT, POD) y concentraciones elevadas de prolina en comparación con *Solanum lycopersicum*, lo que contribuía a mitigar el daño oxidativo en condiciones de exposición a metales pesados. Asimismo, Pan et al. [32] observaron que el uso de *Solanum nigrum* como portainjerto en plántulas de berenjena incrementaba la actividad antioxidante y el contenido de clorofila, reforzando su valor fisiológico bajo estrés abiótico. En conjunto, estos antecedentes sustentan que el extracto de *Solanum americanum*, al igual que sus congéneres, actúa activamente en la neutralización de especies reactivas de oxígeno (ROS) y en la protección de las membranas celulares mediante la disminución de MDA.

Los resultados obtenidos fortalecen la evidencia previa sobre el potencial antioxidante del género *Solanum*, particularmente en contextos de estrés oxidativo. En este sentido, *Solanum americanum* se perfila como una fuente prometedora de compuestos bioactivos con capacidad protectora frente a daños inducidos por estrés, posiblemente atribuible a la presencia de aminoácidos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos que participan en mecanismos de detoxificación, estabilización celular y regulación génica frente al estrés abiótico [29]. Esto justifica su inclusión en estrategias terapéuticas basadas en productos naturales para mitigar el daño oxidativo en sistemas biológicos.

Una limitación importante del estudio es la ausencia de un grupo control tratado con un fármaco gastroprotector de referencia, lo que dificulta establecer comparaciones directas con tratamientos convencionales. Además, no se exploraron los mecanismos moleculares implicados en la actividad antioxidante observada, lo cual restringe la interpretación causal de los resultados. Finalmente, a pesar de tratarse de un modelo animal, los hallazgos no pueden extrapolarse directamente al contexto clínico humano sin estudios complementarios que validen su aplicabilidad. Asimismo, resulta indispensable realizar investigaciones adicionales, incluyendo estudios de toxicidad, que permitan evaluar con mayor profundidad la seguridad y viabilidad terapéutica del compuesto en cuestión.

Conclusión

El análisis fitoquímico preliminar reveló que el extracto etanólico de *Solanum americanum* Mill. contiene abundante cantidad de compuestos fenólicos, aminoácidos y glicósidos, y en cantidad moderada, taninos, alcaloides y esteroides o triterpenoides. En el modelo de úlcera

gástrica crónica inducida en *Rattus rattus* var. *albinus*, el extracto administrado por vía oral mostró un efecto antioxidante *in vivo*, evidenciado por la reducción significativa de los niveles séricos de MDA en los grupos tratados, siendo la dosis de 400 mg/kg la que presentó el mayor efecto. Además, se observó una integridad estructural de la mucosa gástrica en los grupos tratados, en contraste con el daño severo evidenciado en el grupo control positivo. Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones experimentales empleadas, el extracto etanólico posee actividad antioxidante probablemente atribuible a sus compuestos fenólicos, y que podría representar una alternativa terapéutica natural para el tratamiento de la úlcera gástrica, aunque se requieren estudios adicionales para esclarecer sus mecanismos moleculares y confirmar su eficacia en humanos.

Referencias bibliográficas

1. Lv Z, Fang S, Wang Y. *Helicobacter pylori* infection and non-steroidal anti-inflammatory drugs mediated gastric ulcer: insights into efficacy and strategies for gastroprotective treatments and disease management. *Jundishapur J Microbiol.* 2025;17(11):e151974. doi: [10.5812/jjm-151974](https://doi.org/10.5812/jjm-151974)
2. Schneider C, Venerito M. Gastroduodenale Ulkuserkrankheit und *Helicobacter pylori*. *Dtsch Med Wochenschr.* 2022;147(17):1103–8. doi: [10.1055/a-1640-2830](https://doi.org/10.1055/a-1640-2830)
3. Irshad Z, Sajjad Khan M, Kamran, Sohail M, Fahim M, Naeem S, Ur Rashid S, Rubina Gillani S. Role of *Helicobacter pylori* infection and nonsteroidal anti-inflammatory drug use in bleeding peptic ulcers. *Pak J Health Sci.* 2023;4(3):147–151. doi: [10.54393/pjhs.v4i03.555](https://doi.org/10.54393/pjhs.v4i03.555)
4. Vakil N. Peptic Ulcer Disease: A Review. *JAMA.* 2024;332(21):1832–42. doi: [10.1001/jama.2024.19094](https://doi.org/10.1001/jama.2024.19094)
5. Tanashat M, Abuelazm M, Abouzid M, Al-Ajlouni YA, Ramadan A, Alsalah S, et al. Efficacy of probiotics regimens for *Helicobacter pylori* eradication: A systematic review, pairwise, and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Nutrition ESPEN.* 2025;65:424–44. doi: [10.1016/j.clnesp.2024.11.016](https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.11.016)
6. Zhou D, Li C, Shan J, Guo X, Chen Z, Bai Y, Fan H. *Lactobacillus paragasseri* LPG-9 alleviates NSAIDs-induced gastric ulcers and associated coagulation abnormalities and anemia via the IGF-1/PTEN/Akt/Foxo signaling pathway. *Blood.* 2024;144(Suppl 1):5472. doi: [10.1182/blood-2024-202361](https://doi.org/10.1182/blood-2024-202361)
7. Oladele JO, Ojuederie OB, Oladele OT, Ajayi EIO, Olaniyan MD, Atolagbe OS, et al. Gastroprotective mechanism of *Talinum triangulare* on ethanol-induced gastric ulcer in Wistar rats via inflammatory, antioxidant, and H⁺/K⁺-ATPase inhibition-mediated pathways. *Drug Chem Toxicol.* 2025;48(2):281–93. doi: [10.1080/01480545.2024.2365435](https://doi.org/10.1080/01480545.2024.2365435)
8. Li Q, Lu T, Chen X, Chu H. Composition and anti-ulcer activity of the essential oil from *Citri reticulatae* pericarpium in rodents. *Braz Arch Biol Technol.* 2023;66:e23210786. doi: [10.1590/1678-4324-2023210786](https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023210786)
9. Çakır Gündoğdu A, Kar F, Özbayer C. Investigation of the gastroprotective effect of betaine-homocysteine homeostasis on oxidative stress, inflammation and apoptosis in ethanol-induced ulcer model. *J Investig Surg.* 2022;35(11-12):1806–17. doi: [10.1080/08941939.2022.2126566](https://doi.org/10.1080/08941939.2022.2126566)
10. Raish M, Shahid M, Bin Jordan YA, Ansari MA, Alkharfy KM, Ahad A, Abdelrahman IA, Ahmad A, Al-Jenoobi FI. Gastroprotective effect of sinapic acid on ethanol-induced gastric ulcers in rats: involvement of Nrf2/HO-1 and NF-κB signaling and antiapoptotic role. *Front Pharmacol.* 2021;12:622815. doi: [10.3389/fphar.2021.622815](https://doi.org/10.3389/fphar.2021.622815)
11. Ahmed MS, Akter I. A comprehensive overview on pharmacological and therapeutic insights of *Solanum nigrum* Linn. *Qeios.* 2024. doi: [10.32388/AYCUMY](https://doi.org/10.32388/AYCUMY)
12. Mani RK, Paramashree JB, Bharathi DR, Ahmed SS. The traditional and pharmacological properties of *Solanum nigrum*: a review. *Int J Integr Herbs Drugs.* 2022;7(2). doi: [10.46956/ijihd.v7i2.317](https://doi.org/10.46956/ijihd.v7i2.317)
13. Gębarowska E, Łyczko J, Rdzanek M, Wiatrak B, Płaskowska E, Gołębiowska H, Kuźniarski A, Gębarowski T. Evaluation of antimicrobial and chemopreventive properties and phytochemical analysis of *Solanum nigrum* L. aerial parts and root extracts. *Appl Sci.* 2022;12(14):6845. doi: [10.3390/app12146845](https://doi.org/10.3390/app12146845)
14. Gnanasekar SS, Harikrishnan T, Ramalingam S, Jeyabalan S, Logeshwari B. Role of *Solanum nigrum* in the apoptotic and proliferative mechanism – novel insights in therapeutic strategy of oral cancer. *J Global Oral Health.* 2024;7(1):57–62. doi: [10.25259/JGOH_6_2024](https://doi.org/10.25259/JGOH_6_2024)
15. Zhang Q, Liu D, Cui Y, Xu T, Lu T, Liu X, Liu K, Wang Q, Li A, Zhao P, Cheng Z. Bioactivities and chemical profiling comparison and metabolomic variations of polyphenolics and steroidal glycoalkaloids in different parts of *Solanum nigrum* L. *Phytochem Anal.* 2023;34(6):1056–67. doi: [10.1002/pca.3294](https://doi.org/10.1002/pca.3294)

16. Aouadi A, Hamada Saoud D, Rebiai A, Ibrahim MH, Messaoudi M, Alia K, Zidane H, Atoki AV, Abd El-Mordy FM. Chemical composition's effect on *Solanum nigrum* Linn.'s antioxidant capacity and erythrocyte protection: bioactive components and molecular docking analysis. *Open Life Sci.* 2024;19(1):20220944. doi: [10.1515/biol-2022-0944](https://doi.org/10.1515/biol-2022-0944)
17. Saptarini NM, Herawati IE. The colorimetric method for determination of total Alkaloids and Flavonoids content in Indonesian black nightshade (*Solanum nigrum* L.). *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research.* 2019;9(3):80–4. doi: [10.51847/DhgyYzDj4I](https://doi.org/10.51847/DhgyYzDj4I)
18. Campisi A, Acquaviva R, Raciti G, Duro A, Rizzo M, Santagati NA. Antioxidant activities of *Solanum nigrum* L. leaf extracts determined in in vitro cellular models. *Foods.* 2019;8(2):63. doi: [10.3390/foods8020063](https://doi.org/10.3390/foods8020063)
19. Domgnim Mokam CE, Tamfu AN, Kuissu MM, Kucukaydin S, Mezui C, Enow-Orock EG, Tan PV. Phenolic profile and chronic gastric ulcer healing effects of Cameroon propolis. *Clin Tradit Med Pharmacol.* 2024;5(2):200140. doi: [10.1016/j.ctmp.2024.200140](https://doi.org/10.1016/j.ctmp.2024.200140)
20. Ceylan C, Cetin N, Menevse E, Celik ZE, Akdam N, Pasayeva L, Tugay O, Tetik Rama S, Buyukyildirim T, Kose H, Ulukus D. *Echinophora tournefortii* Jaub. & Spach: evaluation of the effect on indomethacin-induced gastric ulcer in rats and phytochemical analyses by LC-HRMS. *Fitoterapia.* 2024;177:106072. doi: [10.1016/j.fitote.2024.106072](https://doi.org/10.1016/j.fitote.2024.106072)
21. Shahzad N, Ibrahim IAA, Alzahrani AR, Al-Ghamdi SS, Alanazi IMM, Ahmad MP, Singh AK, Alruqi MA, Shahid I, Equbal A, Nur Azlina MF. A comprehensive review on phytochemicals as potential therapeutic agents for stress-induced gastric ulcer. *J Umm Al-Qura Univ Appl Sci.* 2024;10:793–808. doi: [10.1007/s43994-024-00140-2](https://doi.org/10.1007/s43994-024-00140-2)
22. Komakech R, Kim Y, Matsabisa GM, Kang Y. Anti-inflammatory and analgesic potential of *Tamarindus indica* Linn. (Fabaceae): a narrative review. *Integr Med Res.* 2019;8(3):181–6. doi: [10.1016/j.imr.2019.07.002](https://doi.org/10.1016/j.imr.2019.07.002)
23. Park Y, Park K. Phytochemical index and the risk of gastritis/gastric ulcer among Korean adults: a prospective cohort study. *Nutrients.* 2024;16(15):2514. doi: [10.3390/nu16152514](https://doi.org/10.3390/nu16152514)
24. Idris S, Mishra A, Khushtar M. Phytochemical estimation and therapeutic amelioration of *Aesculus hippocastanum* L. seeds ethanolic extract in gastric ulcer in rats possibly by inhibiting prostaglandin synthesis. *Chin J Integr Med.* 2023;29:818–24. doi: [10.1007/s11655-023-3734-9](https://doi.org/10.1007/s11655-023-3734-9)
25. Silva MJA, Boleti APA, Acho LDR, Campos JF, Neto JPM, Guimaraes A, Silva FMA, Koolen HHH, Santos EL, Lima ES. Propiedades antiinflamatorias y antioxidantes del extracto de corteza de *Bertholletia excelsa* (H.B.K). *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat.* 2023;22(4). doi: [10.37360/blacpma.23.22.4.35](https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.4.35)
26. Gohar AA, Zaki AA. Assessment of some herbal drugs for prophylaxis of peptic ulcer. *Iran J Pharm Res.* 2014;13(3):1081–6. doi: [10.22037/IJPR.2014.1522](https://doi.org/10.22037/IJPR.2014.1522)
27. Al-Malaak MK, Al-Derawi KHT, Hassan WN. Histological study on effect of *Solanum nigrum* dried fruits extract on induced stomach ulcers in experimental rats. *J Thi-Qar Sci.* 2012;3(3).doi: [10.13140/RG.2.2.20280.39688](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20280.39688)
28. Mikwangock HD, Tamfu AN, Amang AP, Siwe GT, Mezui C, Kucukaydin S, et al. Chronic gastric ulcer healing actions of the aqueous extracts of staple plant foods of the North-West, Adamawa, and West regions of Cameroon. *Biomed Res Int.* 2023;2023:2657278. doi: [10.1155/2023/2657278](https://doi.org/10.1155/2023/2657278)
29. Nwabiani R, Ogbuagu AS, Okerulu IO. Quantitative phytochemical analysis and the antioxidant properties of the methanol extract from the leaves of *Solanum americanum*. *J Chem Soc Niger.* 2022;47(6). doi: [10.46602/jcsn.v47i6.834](https://doi.org/10.46602/jcsn.v47i6.834)
30. Xu J, Zhu Y, Ge Q, Li Y, Sun J, Zhang Y, Liu X. Comparative physiological responses of *Solanum nigrum* and *Solanum torvum* to cadmium stress. *New Phytol.* 2012;195(2):482–93. doi: [10.1111/j.1469-8137.2012.04236.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04236.x)
31. Bao T, Sun T, Sun L. Effect of cadmium hyperaccumulation on antioxidative defense and proline accumulation of *Solanum nigrum*. *Afr J Biotechnol.* 2011;10(37). doi: [10.5897/AJB11.1029](https://doi.org/10.5897/AJB11.1029)
32. Pan S, Lu R, Li H, Lin L, Tang Y. Effects of different *Solanum* rootstocks on photosynthetic pigment contents and antioxidant enzyme activities of eggplant seedlings under cadmium stress. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2019;358:022079. doi: [10.1088/1755-1315/358/2/022079](https://doi.org/10.1088/1755-1315/358/2/022079)