

Evaluación de la actividad antibacteriana del extracto vegetal de las hojas de *Solanum granuloso-leprosum* Dunal

Aguilar, S.¹; Mc Donald, A.⁵; Diaz, A.²; Martínez, M.⁴; Moura-Mendes, J.^{3*}

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. San Lorenzo, Paraguay

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Estadística. San Lorenzo, Paraguay

³Universidad Nacional de Asunción. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. San Lorenzo, Paraguay

⁴Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología, Laboratorio de Recursos Vegetales, Área Fitoquímica. San Lorenzo, Paraguay

⁵Investigador independiente. Panamá, República de Panamá

*E-mail del autor: jmendes@rec.una.py (JMM)

Evaluación de la actividad antibacteriana del extracto vegetal de las hojas de *Solanum granuloso-leprosum* Dunal. Las plantas son fuentes de moléculas biológicamente activas que pueden ser utilizadas para el tratamiento de diferentes afecciones. *Solanum granuloso-leprosum*, conocida como “hu’i moneha”, es una especie nativa del Paraguay, cuyas propiedades farmacológicas y composición química son aún desconocidas. Sin embargo, popularmente esta planta se utiliza como calmante, para aliviar la tos, depurar la sangre, tratar dolores orales, como los causados por las caries. Es por ello que, ante el desconocimiento de sus propiedades farmacológicas, este trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar la actividad antibacteriana del extracto vegetal de las hojas de *Solanum granuloso-leprosum*, así se llevó a cabo una investigación de tipo experimental, con diseño en bloques al azar, donde se utilizó la técnica de disco difusión frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, sometiénolas a distintas concentraciones del extracto etanólico (2000, 1000, 500 y 250 µg.mL⁻¹). En cuanto a los resultados, no se observó halos de inhibición en ninguna de las concentraciones ensayadas, una causa probable podría ser que el extracto bruto es aparentemente rico en ácidos grasos y ésteres. Finalmente, se concluye que el extracto de las hojas no demostró actividad antibacteriana frente a las cepas utilizadas en las condiciones ensayadas. Sin embargo, deben realizarse otras investigaciones variando el tipo de extracto con relación a la polaridad con el fin de elucidar otras posibles actividades biológicas y así ampliar la información científica sobre las propiedades terapéuticas de la especie estudiada.

Palabras clave: hu’i moneha, extracto etanólico, plantas medicinales, Paraguay

Evaluación de la actividad antibacteriana del extracto vegetal de las hojas de *Solanum granuloso-leprosum* Dunal. Plants are sources of biologically active molecules that can be used to treat different conditions. *Solanum granuloso-leprosum*, known as “hu’i moneha”, is a species native to Paraguay, whose pharmacological properties and chemical composition are still unknown. However, this plant is popularly used as a painkiller, to relieve coughs, purify the blood and treat oral pain such as cavities. For this reason, due to the unknown pharmacological properties, the objective of this research was to evaluate the antibacterial activity of the plant extract of the leaves of *Solanum granuloso-leprosum*. An experimental research was carried out, designed in random blocks, where the disc diffusion technique was used against

Staphylococcus aureus ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311, and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, subjecting them to different concentrations of the ethanolic extract (2000, 1000, 500, and 250 µg.mL⁻¹). Regarding the results, inhibition halos were not observed at any of the concentrations tested, a likely cause might be that the crude extract is apparently rich in fatty acids and esters. Finally, it is concluded that the leaf extract did not show antibacterial activity against the strains used under the conditions tested. However, other investigations must be carried out, varying the type of extract in relation to polarity to search for other possible biological activities and thus expand the scientific information on the therapeutic properties of the species studied.

Keywords: hu'i moneha, ethanolic extract, medicinal plants, Paraguay

INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de su formación, las sociedades humanas han estado en estrecho contacto con su entorno, obteniendo del mismo tanto alimentos como medicamentos (Jamshidi-Kia *et al.*, 2018; Prakash *et al.*, 2020). El hecho de que una planta adquiera la denominación de “medicinal”, radica principalmente en la actividad farmacológica que pueda llegar a tener (Vanaclocha y Folcara, 2003).

Las sustancias denominadas principios activos, también conocidos como fitoquímicos, son los responsables de ejercer la mencionada acción farmacológica, como por ejemplo la actividad antibacteriana (Muñoz Lopez de Bustamante, 1996; Prakash *et al.*, 2020; Thakur *et al.*, 2020). A menudo, la propiedad farmacológica se encuentra en una determinada parte de la planta, que puede ser la raíz, la corteza del tronco o las hojas de un árbol o arbusto; así como también en las semillas, flores, frutos o parte aérea (Muñoz Lopez de Bustamante, 1996; Vanaclocha y Folcara, 2003).

Solanum representa el género más importante de la familia de las Solanáceas debido a su amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales, ade-

más son ampliamente utilizadas en la medicina tradicional (Böhme y Pinker, 2016; Kaunda y Zhang, 2019). *Solanum granuloso-leprosum* Dunal, conocido popularmente como “hu'i moneha” (en guaraní), pertenece a dicho género, corresponde a una planta nativa de Paraguay, y en cuanto a su morfología, es un árbol siempre verde, que puede alcanzar hasta 12 metros de altura (Pin *et al.*, 2009). Sus hojas habitualmente se disponen en espiral, de manera alterna y, no presentan estípulas (Perez de Molas, 2016). Su área de distribución abarca países como Argentina, Brasil, Bolivia, México, Paraguay y Uruguay (Tropicos, 2021).

Según Pin *et al.*,(2009), las propiedades farmacológicas y la composición química del hu'i moneha son desconocidas, sin embargo, en la medicina tradicional se utilizan las hojas para aliviar la tos; la raíz para depurar la sangre, en tanto que sus frutos actúan como calmantes (Fogel *et al.*, 2016). También, Amat *et al.*,(2002), mencionaron su uso en el tratamiento de dolores orales, como los producidos por las caries dentales y en el caso de pérdida de dientes, y, por otro lado, concuerdan con Pin *et al.*, (2009), respecto a que no existe información científica acerca de la composición química.

mica de la planta en general.

Amat *et al.* (2002), evaluaron el extracto acuoso de siete plantas utilizadas en la medicina popular en Argentina como agente antihipertensivo, entre ellas *Solanum granuloso-leprosum*, y se observó actividad antifúngica y posible genotoxicidad por la producción significativa de anormalidades cromosómicas.

En el 2013, de Toledo Picoli y colaboradores analizaron las características anatómicas, histoquímicas y micromorfológicas de las hojas de *S. granuloso-leprosum* para evaluar las características asociadas a su rol como planta pionera, es decir que forma parte del grupo de especies vegetales resistentes que poseen capacidad de colonizar ambientes hostiles, y según los resultados observados, confirman lo mencionado.

Según la Organización Mundial de la Salud – OMS (2013), aproximadamente 80% de la población de países en desarrollo basa su salud primaria en la medicina tradicional, a pesar de que este tipo de medicina alternativa está muy poco reglamentada, por lo que ciertos tratamientos podrían resultar poco seguros y adecuados.

Esta situación también se ve reflejada en la población paraguaya que tiene muy arraigado el uso de la medicina popular basada en tradiciones guaraníes, pues casi el 90% de la población del país utilizan las hierbas medicinales como primera opción en el tratamiento o prevención de las enfermedades (Fogel *et al.*, 2016; Basualdo & Soria, 2014; Soria y Ramos, 2015).

En el 2020, se publicó un estudio realizado en el departamento de Caaguazú, Paraguay sobre el uso de plantas medicinales

por esta comunidad, por medio de entrevistas, como resultado colectaron 450 muestras vegetales, e identificaron 54 familias botánicas, que correspondían a 93 géneros y 116 especies vegetales. Las principales dolencias tratadas son del sistema digestivo y genitourinario, generalmente esas dolencias están asociadas a infecciones bacterianas, que pueden ser causadas por bacterias Gram-negativas como: *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* o grampositivas como *Staphylococcus aureus* (Soria *et al.*, 2020).

Además, las infecciones superficiales y de mucosas también son muy tratadas en la medicina popular con plantas medicinales, que pueden ser causadas por especies microbianas similares a las citadas anteriormente (Chandra, 2013; Mahady, 2005; Manandhar *et al.*, 2019).

Razón por la cual, el uso de compuestos naturales ha sido considerado una alternativa o un complemento en el tratamiento de las enfermedades infecciosas, por lo tanto, es vital la búsqueda e identificación de componentes bioactivos con actividad antimicrobiana (Thakur *et al.*, 2020).

En Paraguay, además, es muy escasa la información científica que valide el uso de plantas como alternativa para el tratamiento eficaz de infecciones bacterianas, como es el caso de *Solanum granuloso-leprosum*. Considerando el desconocimiento de las propiedades farmacológicas de esta especie en particular, se propuso como objetivo de este estudio evaluar la actividad antibacteriana del extracto vegetal de las hojas de *Solanum granuloso-leprosum* frente bacterias grampositivas y negativas de

relevancia en la salud humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

La especie vegetal estudiada fue colectada en la ciudad de Nueva Italia, Departamento Central, Paraguay (25°38'54.7"S 57°26'46.4"W) en junio de 2017. La identificación botánica fue realizada por especialistas del Laboratorio de Recursos Vegetales del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción (LAREV – FACEN – UNA). El material testigo de la especie vegetal se depositó como muestra permanente en el Herbario del Laboratorio de Recursos Vegetales – FACEN, UNA (Colector Aguilar, S., N°01).

Elaboración del extracto vegetal

Se secaron las hojas de la especie vegetal *Solanum granuloso-leprosum* en un lugar limpio y seco, a temperatura ambiente (25°C), con escasa iluminación y aireación, para evitar la acción de agentes biológicos, físicos y químicos (oxígeno, luz, temperatura) que podrían convertir los compuestos originales en artefactos (Martínez *et al.*, 2015; Matos, 2009; Sánchez *et al.*, 2015).

Las hojas secas fueron trituradas con un molino de cuchillas convencional. Se pesaron 915 gramos del micropolvo obtenido y se transfirió a un recipiente, en el cual se adicionó etanol 96° como solvente de extracción, cantidad suficiente para cubrir completamente la muestra vegetal, se agitó vigorosamente, se selló y se dejó en reposo por un periodo

de 15 días, con agitación periódica de 1 vez por día; posteriormente se filtró; y se concentró en un rotavapor a 75° C. El extracto obtenido fue disuelto en solución de EtOH:H₂O (7:3) y sometido a una partición líquida-líquida con hexano. La fracción hexánica obtenida fue acondicionada a temperatura ambiente para su uso posterior (Martínez *et al.*, 2015; Matos, 2009; Sánchez *et al.*, 2015).

Evaluación de la actividad antibacteriana

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Biotecnología del Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas - Universidad Nacional de Asunción (CEMIT-UNA).

Microorganismos utilizados

Las cepas bacterianas fueron donadas por el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN), Paraguay. Se utilizaron tres cepas Gramnegativas: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y dos cepas Grampositivas: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228.

Ensayo de sensibilidad a antimicrobianos por Disco-difusión

Para evaluar la actividad antimicrobiana del extracto etanólico bruto de las hojas de *S. granuloso-leprosum* se realizó la técnica de disco-difusión estandarizada por NCCLS M2-A8. Para ello, se activaron las cepas bacterianas, que se encontraban almacenadas a 4°C mencionadas anteriormente inoculando en placas de Petri con medio de cultivo

agar Muller-Hinton a 35° C incubados por 24-48 horas.

Tanto para las bacterias Grampositivas como para las Gramnegativas, se realizó la inoculación por el método de suspensión directa de colonia. En solución salina estéril al 0,9 % fueron preparadas suspensiones microbianas, con la turbidez ajustada de acuerdo con el estándar 0,5 de la escala de McFarland (NCCLS, 2003).

La inoculación de las placas de prueba se realizó con siembra por agotamiento, luego se aplicaron los discos empapados con 10 µL de los antibióticos (gentamicina, eritromicina y neomicina) y de las diluciones del extracto vegetal de *S. granuloso-leprosum* a diferentes concentraciones (2000, 1000, 500 y 250 µg/µL) sobre la superficie del agar de manera equidistante. Se tuvieron en cuenta controles de esterilidad (placas que contenían solamente agar Mueller Hinton); controles negativos de actividad antibacteriana (placas que contenían agar Mueller Hinton más el inóculo con las bacterias, una cepa diferente para cada placa) y; los controles positivos de actividad antibacteriana (placas que contenían el medio de cultivo más el inóculo de las diferentes bacterias expuestas a los distintos discos de antibióticos utilizados). Cada uno de los tratamientos fue realizado por triplicado.

Las placas fueron incubadas a 35° C después de los 15 minutos de haber hecho la aplicación de los discos. Luego de 24 horas de incubación, se examinó cada placa y se midieron (en milímetros) los halos de inhibición alrededor de cada disco (diámetros) con ayuda de un escalímetro.

RESULTADOS

En una prueba de solubilidad previa a la realización de la extracción por cromatografía de columna, se disolvió una pequeña porción del extracto etanólico en hexano y la solubilidad fue del 100%, lo que indicó que el extracto era netamente un componente apolar, ya que a simple vista era fluido y de aspecto oleoso. La fracción hexánica recogida de la columna presentaba el mismo aspecto que el extracto crudo etanólico original.

El extracto etanólico bruto de las partes aéreas de *S. granuloso-leprosum* no inhibió el crecimiento de *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 en las concentraciones ensayadas. Sin embargo, gentamicina, que es un antibiótico aminoglucósido con acción bactericida muy eficiente contra gramnegativos también actúa sobre grampositivos, como se visualiza en los resultados: en las concentraciones de 2000, 1000, 500 y 250 µg.mL⁻¹ produjo halos de inhibición de 27,7 mm, 23,9 mm, 23,0 mm y 22,2 mm, respectivamente, sin embargo no es de elección para tratar grampositivos.

En el caso de *Staphylococcus aureus* se dio la misma situación que para *S. epidermidis*, ya que ninguna de las concentraciones del extracto vegetal en estudio tuvo efectividad frente a la proliferación bacteriana. En tanto que, los antimicrobianos empleados sí presentaron efectividad inhibiendo el crecimiento de las bacterias, por ejemplo, gentamicina presentó halos desde 16,2 mm hasta 21,7 mm; eritromicina halos de entre 18,1 mm y 24,3 mm y; neomicina halos de 12,8 mm a 16,5 mm, para las concentraciones máxima y mínima, respectiva-

Aguilar, S. et al. Evaluación de la actividad antibacteriana de Solanum granuloso-leprosum Dunal

Tabla 1. Comparación de las medias de los diámetros de los halos de inhibición generados en las diferentes cepas utilizadas (mm)

	<i>Staphylococcus epidermidis</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>Escherichia coli</i>		<i>Salmonella typhimurium</i>	
	ATCC 12228	ATCC 25923	ATCC 27853	ATCC 25922	ATCC 13311					
Extracto etanólico ($\mu\text{g.mL}^{-1}$)	N	Media (mm)	N	Media (mm)	N	Media (mm)	N	Media (mm)	N	Media (mm)
2000	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00
1000	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00
500	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00
250	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00	3	0,00
Gentamicina										
2000	3	27,74	3	21,72	3	19,06	3	17,7	3	22,71
1000	3	23,87	3	18,58	3	16,93	3	14,13	3	21,03
500	3	22,99	3	18,53	3	13,85	3	13,17	3	18,62
250	3	22,15	3	16,23	3	11,62	3	9,67	3	16,98
Eritromicina										
2000	3	23,47	3	24,34	3	20,35	3	0,00	3	2,53
1000	3	21,96	3	21,44	3	14,91	3	0,00	3	0,00
500	3	21,65	3	21,11	3	11,68	3	0,00	3	0,00
250	3	20,03	3	18,05	3	7,35	3	0,00	3	0,00
Neomicina										
2000	3	20,79	3	16,45	3	13,75	3	11,13	3	17,67
1000	3	18,85	3	14,11	3	10,99	3	9,71	3	16,9
500	3	17,67	3	12,66	3	9,14	3	8,65	3	14,07
250	3	16,76	3	12,75	3	6,30	3	8,17	3	12,47

N: número de réplicas para cada tratamiento

mente (Tabla1).

Así también, el uso del extracto etanólico crudo de las hojas de *S.granuloso-leprosum* no presentó efecto inhibidor de las bacterias Gramnegativas *E. coli*, *S. typhimurium* y *P. aeruginosa*, pero aquí algunos de los antibióticos utilizados tampoco presentaron actividad

ante algunas cepas.

La eritromicina no generó halos de inhibición frente a *E. coli* y frente a *S. typhimurium* apenas presentó inhibición de 2,5 mm de diámetro para la concentración mayor de 2000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, resultado esperado ya que funciona preferentemente como bacteriostático y actúa más

eficazmente frente a grampositivos. No obstante, la gentamicina y neomicina si generaron halos de inhibición en todas

las colonias de bacterias gramnegativas utilizadas, corroborando con su amplio espectro bactericida (Tabla1, Figura 1)

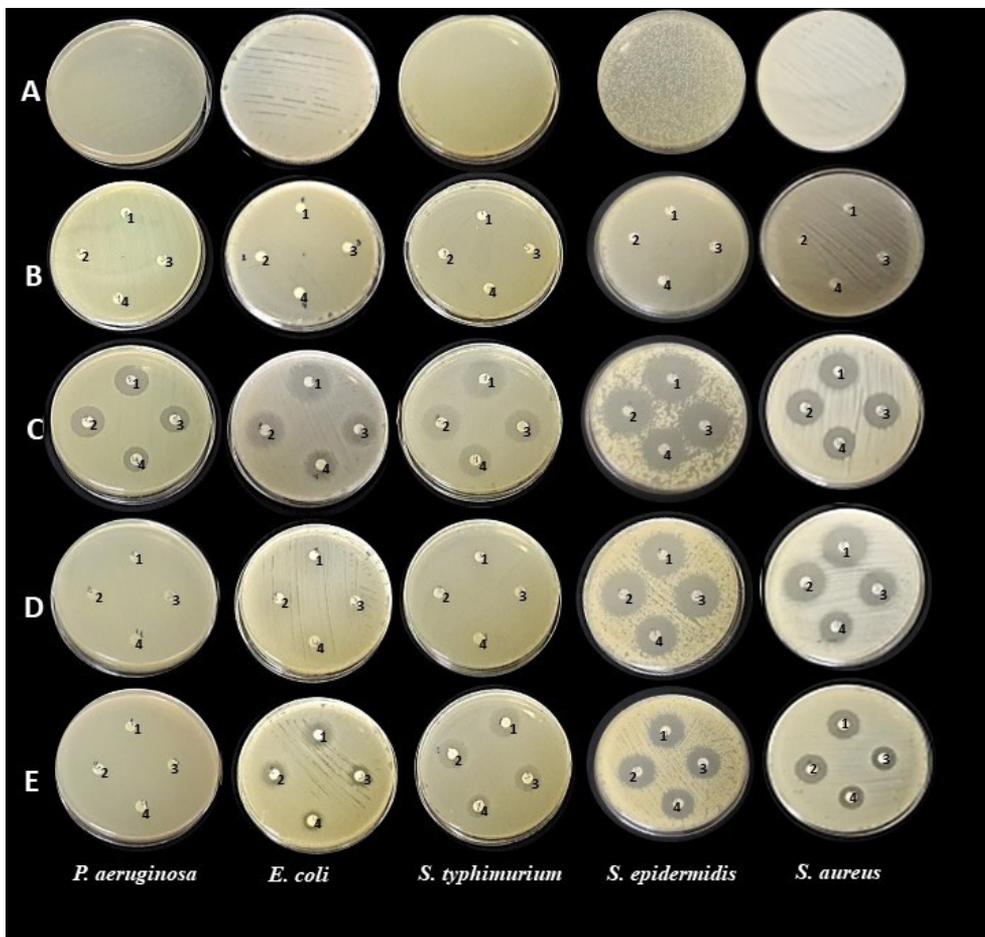


Figura 1. Comportamiento de las diferentes cepas de bacterias utilizadas. A) Control (agar + inóculo bacteriano); B) Extractos etanólicos de *S. granuloso-leprosum*; C) Gentamicina; D) Eritromicina; E) Neomicina: Concentraciones: 1=2000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, 2=1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, 3=500 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ y 4=250 $\mu\text{g.mL}^{-1}$

DISCUSIÓN

Eritromicina, que actúa principalmente como bacteriostático, también demostró ser efectivo para *S. epidermidis*, ya que los halos de inhibición fueron desde 20,03 mm, para la concentración

más baja de 250 $\mu\text{g/mL}$, hasta 23,47 mm para la concentración de 2000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$. Frente a la neomicina también se obtuvieron halos de inhibición bacteriana que variaron de 16,8 mm a 20,8mm, para la concentración mínima y máxima empleada, respectivamente (Tabla 1).

La actividad antibacteriana nula del extracto vegetal de *Solanum granuloso-leprosum* resultante puede ser atribuido a la solubilidad del extracto etanólico bruto y su compleja composición, que puede llegar a presentar interferencia entre sus componentes, así como también la técnica utilizada para evaluación de la actividad antimicrobiana y sus innumerables factores de influencia (Balouiri *et al.*, 2016; Ostrosky *et al.*, 2008).

Sin embargo, no se han encontrado estudios similares que utilicen como material de estudio a esta planta, aunque existen publicaciones que refieren el uso de otras especies del mismo género en las cuales se menciona que, dependiendo de los compuestos presentes en el material vegetal, de las concentraciones de los extractos ensayados de las partes vegetales utilizadas, de la naturaleza de los solventes, de las técnicas y finalmente del tipo de cepas contra las cuales fueron testados los extractos, la actividad antibacteriana fue observable en valores variables o nula (Negri *et al.*, 2014; Ostrosky *et al.*, 2008).

Tal es el caso de Sheeba (2010), cuyo trabajo evaluó la actividad antimicrobiana de *Solanum surattense* mediante el extracto etanólico de sus hojas en concentraciones de 500, 250, 100, 50 y 25 µg contra las cepas de *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus sp.*; *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae* y *Vibrio cholerae*, la mejor actividad antibacteriana fue presentada en la concentración de 500 µg para todas las bacterias excepto para *Shigella dysenteriae*, que no fue susceptible al extracto de *S. surattense* visualizado

por la nula formación de halo de inhibición. Además, se concluyó que la mayor concentración presentó actividad bactericida. No obstante, en el trabajo de investigación con *S. granuloso-leprosum*, a pesar de que se utilizó la misma parte vegetal e incluso el mismo solvente de extracción ni a la mayor concentración de 2000 µg se observó actividad frente a las mismas especies bacterianas ensayadas en el estudio con *S. surattense*.

Si bien *S. granuloso-leprosum* forma parte del género *Solanum* no demostró actividad antibacteriana frente a ninguna de las bacterias ensayadas, en cambio estudios similares con otras especies del mismo género si demostraron tener propiedades antimicrobianas (Koduru *et al.*, 2006; Latha y Kannabiran, 2006). Las posibles causas de estas diferencias podrían ser que, a pesar de que en la mayoría de los casos las hojas son el órgano principal donde se hallan los principios activos, en esta planta particular *S. granuloso-leprosum*, se podrían encontrar en otras partes, como las flores, el tallo, los frutos o las semillas.

Sobre este punto, se menciona que esa marcada variabilidad de los efectos derivados del contenido de los principios activos podría deberse a varios factores como la estación del año en que la planta fue colectada, la zona, las condiciones de crecimiento y la parte de la planta utilizada. Es importante mencionar que las raíces, absorben del suelo el agua, las sales minerales y los nitratos, que constituyen la savia bruta que posteriormente es impulsada y repartida a través del tallo a toda la planta, incluyendo a las hojas, que son uno de los órganos principales en relación a los procesos metabólicos

de elaboración de principios activos, sin embargo, si no hay una suficiente formación y distribución de la savia bruta, la biotransformación de esos principios activos pueden ser perjudicados (Gosmann *et al.*, 2011; Muñoz Lopez de Bustamante, 1996).

Con respecto a las hojas de *S. granuloso-leprosum*, hasta el momento el trabajo de Toledo Picoli *et al.*, (2013) es el único donde se relatan resultados obtenidos con esta parte de la planta. En el mismo se analizaron las características anatómicas, histoquímicas y micromorfológicas y el análisis de su composición con respecto a alcaloides y compuestos de fenol la cual fue nula. La ausencia de estos componentes podría explicar en parte la falta de actividad antimicrobiana observada de los extractos obtenidos a partir de ella, ya que es sabido que los alcaloides y fenoles poseen propiedades antimicrobianas (Gosmann *et al.*, 2011; Thakur *et al.*, 2020).

En cuanto a los solventes que se utilizaron para la extracción de los compuestos activos de la planta en estudio, el etanol es de naturaleza polar, pero considerado como un solvente universal por su alta versatilidad en solubilizar compuestos de polaridades altas, medias y bajas, lo que lo hace ideal para la extracción de un alto porcentaje de los fitoconstituyentes de las plantas, como Poliacetilenos, flavonoles, esteroides, taninos, terpenoides, saponinas y polifenoles (Gosmann *et al.*, 2011; Negri *et al.*, 2014; Sharapin, 2000; Thakur *et al.*, 2020).

Concuerda con el trabajo de Rojas *et al.*, 2009 y Sharapin (2000), ya que ellos afirman que este solvente posee una gran

capacidad para la extracción de compuestos de una amplia gama de polaridades, adicionando que es más económico y menos tóxico que otros solventes orgánicos. Es por lo que, el etanol resultó ideal para la extracción de los componentes de las hojas de la especie en estudio, ya que éstas contenían compuestos netamente apolares.

Por otro lado, con base al aspecto fluido y oleoso del extracto etanólico, se realizó una prueba de solubilidad en hexano, y el extracto se disolvió por completo, el mismo comportamiento fue observado con la fracción hexánica obtenida. Hecho que concuerda, pues el hexano es un solvente selectivo, de menor polaridad, que preferentemente extrae de la planta las grasas vegetales y otros componentes apolares (Sharapin, 2000).

Siendo así se puede concluir que la composición principal del extracto bruto de las hojas son ácidos grasos y ésteres (compuestos apolares) y, estos factores podrían ser la causa probable de que el material vegetal estudiado no haya presentado la actividad antibacteriana esperada sobre las cepas de bacterias utilizadas.

CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos, se concluye que el extracto etanólico crudo de las hojas de *Solanum granuloso-leprosum* demostró actividad antibacteriana nula frente a las bacterias ensayadas para las diferentes concentraciones testadas en el estudio, no obstante, cabe destacar que este trabajo constituye la primera investigación en Paraguay que

aborda el estudio de las propiedades antibacterianas de *S. granuloso-leprosum* y que se debe seguir investigando con otros extractos de diferentes polaridades y otros modelos biológicos.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Recursos Vegetales del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción por la identificación taxonómica del ejemplar vegetal y también por el espacio concedido para realizar la parte fitoquímica del trabajo. Al Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología del Paraguay, por la donación de las cepas puras de bacterias. Al Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas – CEMIT de la Universidad Nacional de Asunción, por brindar el espacio suficiente para llevar a cabo el experimento en sus instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amat, A. G., Yajia, M. E., Gonzalez, C. F., Lorca, G. L., Gonzalez, F. S., Riglos, A. G., & Veron, J. R. (2002). Evaluation of cytological parameters induced by aqueous extracts of seven plants used as antihypertensive agents in argentine folk medicine. *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 21(1), 37–42.

Basualdo, I., y Soria, N. (2014). Plantas medicinales comercializadas en el mercado municipal de la ciudad de Pilar, Dpto. Ñeembucu, *Paraguay. Dominguezia*, 47–53.

Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>

Böhme, M., & Pinker, I. (2016). Solanaceae Diversity In Vietnam: A Preliminary Taxonomic Inventory for *Conservation and Utilization. Agriculture & Forestry, Vol. 62 Issue 4: 45-55*, 2016, Podgorica. DOI: 10.17707/AgricultForest.62.4.06

Chandra, M. (2013). Antimicrobial activity of medicinal plants against human pathogenic bacteria. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research*, 4(7), 653–658.

de Toledo Picoli, E. A., dos Santos Isaias, R. M., Ventrella, M. C., & de Miranda, R. M. (2013). Anatomy, histochemistry and micromorphology of leaves of *Solanum granuloso-leprosum* Dunal. *Bioscience Journal*, 29(3).

Fogel, R., Céspedes, C., López, L., y Valdez, S. (2016). Propiedades medicinales de plantas. Conocimiento tradicional y patentes.

Gosmann, G., Simoes, C. M. O., & Schenkel, E. P. (2011). *Farmacognosia - Da Planta ao Medicamento* (6th ed.). UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina.

Haya, J., Guerra, J. A., y Guirao, G. (2008). Consensos en fitoterapia ginecológica. Editorial Médica Panamericana.

Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2018). Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of Herbmed Phar-*

- macology*, 7(1).
- Kaunda, J. S., & Zhang, Y.-J. (2019). The genus *Solanum*: an ethnopharmacological, phytochemical and biological properties review. *Natural Products and Bioprospecting*, 9(2), 77–137.
- Koduru, S., Grierson, D. S., & Afolayan, A. J. (2006). Antimicrobial Activity of *Solanum aculeastrum*. *Pharmaceutical Biology*, 44(4), 283–286.
- Latha, P. S., & Kannabiran, K. (2006). Antimicrobial activity and phytochemicals of *Solanum trilobatum* Linn. *African Journal of Biotechnology*, 5(23).
- Mahady, G. B. (2005). Medicinal plants for the prevention and treatment of bacterial infections. *Current Pharmaceutical Design*, 11(19), 2405–2427.
- Manandhar, S., Luitel, S., & Dahal, R. K. (2019). In vitro antimicrobial activity of some medicinal plants against human pathogenic bacteria. *Journal of Tropical Medicine*
- Martínez, M., Mancuello, C., Ramond, F., & de Oliveira, V. B. (2015). La Actividad antioxidante in vitro del extracto etanólico de *Phoradendron bathyoryctum* Eichler por el método de captura del radical libre 1, 1-difenil-2-picril-hidrazilo. *Steviana*, 7: 48–56.
- Matos, F. J. de A. (2009). Introdução à fitoquímica experimental. Imprensa Universitária/Edições UFSC.
- Muñoz Lopez de Bustamante, F. (1996). Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado. *Mundi-Prensa Libros*.
- NCCLS. (2003). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard—Sixth Edition (Vol. 23, Issue 2). NCCLS document M7-A6.
- Negri, M., Salci, T. P., Shinobu-Mesquita, C. S., Capoci, I. R. G., Svidzinski, T. I. E., & Kioshima, E. S. (2014). Early state research on antifungal natural products. *Molecules*, 19(3), 2925–2956. <https://doi.org/10.3390/molecules19032925>
- OMS Organización Mundial De La Salud. (2013). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional.
- Ostrosky, E. A., Mizumoto, M. K., Lima, M. E. L., Kaneko, T. M., Nishikawa, S. O., & Freitas, B. R. (2008). Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração mínima inibitória (CMI) de plantas medicinais. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 18(2), 301–307.
- Perez de Molas, F. L. (2016). Manual de familias y géneros de árboles del Paraguay. San Lorenzo, Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura.
- Pin, A., Cretton, S., y Roguet, D. (2009). Plantas Medicinales del Jardín Botánico de Asunción. Asociación Etnobotánica Paraguaya Asunción.
- Prakash, B., Kumar, A., Singh, P. P., & Songachan, L. S. (2020). Antimicrobial and antioxidant properties of phytochemicals. In *Functional and Preservative Properties of Phytochemicals* (pp. 1–45). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818593-3.00001-4>
- Rojas, L. C., Uribe, Y. H., Martínez, N.

Aguilar, S. et al. Evaluación de la actividad antibacteriana de *Solanum granuloso-leprosum* Dunal

- S., y Niño, D. R. (2009). Análisis fitoquímico preliminar de hojas, tallos y semillas de cupatá (*Strychnos schultesiana* Krukoff). *Colombia Forestal*, 12(1), 161–170.
- Sánchez, R., Fernández, M., & Nolasco, S. (2015). Aceite de canola: estudio exploratorio de extracción con etanol. Argentina. Recuperado 06-12-21. v. 27
- Sharapin, N. (2000). Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos (Vol. 78). CAB.
- Sheeba, E. (2010). Antibacterial activity of *Solanum surattense* Burm. F. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 6(1), 1–4.
- Soria, N., y Ramos, P. (2015). Uso de plantas medicinales en la Atención Primaria de Salud en Paraguay: algunas consideraciones para su uso seguro y eficaz. *Mem. Inst. Invest. Cienc. Salud (Impr.)*, 13(2): 8–17. <http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v13n2/v13n2a01.pdf>
- Soria, N., Ramos, P., Viveros, G., Estigarribia, G., Ríos, P., & Ortíz, A. (2020). Ethnobotany and use of medicinal plants family health units of Caaguazú, Paraguay. *Caldasia*, 42(2), 263–277. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n2.76907>
- Thakur, M., Singh, K., & Khedkar, R. (2020). Phytochemicals: extraction process, safety assessment, toxicological evaluations, and regulatory issues. In *Functional and Preservative Properties of Phytochemicals* (Issue i, pp. 341–361). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818593-3.00011-7>
- Tropicos. (2021). Name - *Solanum granuloseleprosum* Dunal. Retrieved September 18, 2021, from <https://tropicos.org/name/29601478>
- Vanaclocha, B. V., & Folcara, S. C. (2003). *Fitoterapia: vademécum de prescripción* (Vol. 12). Masson Barcelona.