

CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y ANTIBACTERIANA DE RICINUS COMMUNIS L.

MSc. Marlene María Martínez Mora¹, MSc. Yunel Pérez Hernández¹, Ing. Gladys Sardiña Alfonso¹, Dr. C. Ana Julia Rondón Castillo¹, MSc. Arley Pérez Rojas².

1. *Universidad de Matanzas, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba.
marlene.maria@umcc.cu*

2. *Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas.*

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las propiedades fitoquímicas y antibacterianas de extractos de hojas de plantas de *Ricinus communis* L., presentes en la provincia de Matanzas. Las extracciones se realizaron en etanol al 90% y agua destilada, luego se filtraron y concentraron. Se determinó la presencia de varias clases de metabolitos secundarios y se cuantificó el contenido de fenoles. La actividad antibacteriana se evaluó mediante la técnica de los pocillos, contra especies bacterianas Gram negativas y Gram positivas. El resultado de la caracterización fitoquímica detectó la presencia de terpenos, flavonoides, taninos, cumarinas y saponinas. El extracto etanólico de hojas manifestó una actividad antibacteriana notable contra la bacteria Gram positiva *Staphylococcus aureus* y para la bacteria Gram negativa *Proteus* sp. Los resultados obtenidos indican un uso potencial de los extractos de *Ricinus communis* L. para el tratamiento de enfermedades infecciosas e inflamatorias en animales y el hombre.

Palabras claves: *Caracterización fitoquímica, actividad antibacteriana, Ricinus comunis L*

Introducción

La resistencia a antibióticos en humanos y animales constituye una preocupación a nivel mundial (Westh *et al.*, 2004). Existe un incremento de la resistencia a microorganismos patógenos en años recientes, principalmente debido al uso indiscriminado de antibióticos comerciales empleados en el tratamiento de numerosas enfermedades infecciosas (Poonam y Pratap, 2012; AinilFarhan *et al.*, 2013). Esto conllevó a la búsqueda de nuevas sustancias con efecto antimicrobiano a partir de varias fuentes como las plantas medicinales. Las investigaciones enfocadas al descubrimiento de nuevos agentes antimicrobianos deben continuar mediante la evaluación de las diversas familias botánicas.

El creciente interés por las plantas medicinales se sustenta en diversos factores entre los cuales se pueden citar la efectividad de las plantas medicinales y su aceptación en las poblaciones, representan una base material para la elaboración de compuestos químicos semi-sintéticos más complejos, se pueden estudiar marcadores taxonómicos para el descubrimiento de nuevas sustancias, existe un incremento en la producción, el consumo y el comercio internacional de las plantas medicinales y los compuestos fitoquímicos, las plantas constituyen un recurso renovable, el costo elevado y los efectos adversos de la mayoría de los fármacos y además, con frecuencia los microorganismos patógenos desarrollan resistencia frente a los antibióticos convencionales (Kong *et al.* 2003).

Las plantas medicinales poseen numerosos compuestos fitoquímicos, los cuales son utilizados como medicinas naturales para el tratamiento de infecciones comunes. La evaluación de los extractos y productos vegetales con actividad antibacteriana demostraron que las plantas superiores representan una fuente potencial de nuevos prototipos de antibióticos (Afolayan, 2003).

En las plantas encontramos los llamados metabolitos secundarios, que constituyen una serie extensa de compuestos orgánicos que estas producen los cuales no participan de forma directa en el desarrollo y crecimiento de las mismas. Estos metabolitos tienen diversas funciones en los vegetales, entre las que se destacan su uso como defensa contra el ataque de plagas y la atracción de diferentes agentes polinizadores. Ejemplos de estas sustancias lo constituyen los compuestos fenólicos o polifenoles (fenoles sencillos, lignanos, cumarinas, taninos, quinonas, ácidos fenólicos, flavonoides), las saponinas, entre otros (Tevini *et al.*, 1991).

Las moléculas fenólicas se caracterizan por poseer uno o más anillos bencénicos y por lo menos un sustituyente hidroxilo. Tienen una elevada capacidad de reacción y pueden existir combinadas con un ácido orgánico (ácidos fenólicos) o un azúcar (flavonoles y antocianinas), o con ellas mismas formando un polímero. Fueron descritas 8 000 moléculas de este tipo diferentes, las cuales son solubles en agua o en solventes orgánicos (Chigodi *et al.*, 2013).

Los polifenoles tienen diversas funciones y modos de acción en las plantas y son inducidos generalmente por acción oxidativa. En los vegetales estos compuestos fenólicos tienen funciones de reconocimiento por los insectos polinizadores, de protección contra la luz ultravioleta, permiten enfrentar la agresión de herbívoros, insectos, hongos, bacterias, virus y, además, reducen la competencia entre plantas, lo cual se conoce como alelopatía (Martínez-Valverde *et al.*, 2000; Vivianco *et al.*, 2005).

Los flavonoides son el grupo de polifenoles de mayor importancia debido a la cantidad en que se presentan en las plantas y dentro de estos, los flavonoles son los de mayor abundancia. Las formas representativas son la catequina, la mirecitina y el kampferol. En frutos y vegetales se presentan en forma glucosilada, es decir, unidos a una molécula de azúcar que generalmente es la glucosa o la ramnosa, aunque también se pueden encontrar otras como la galactosa, la arabinosa y la xilosa. Los flavonoides son acumulados en tejidos externos o más expuestos de las plantas, ya que su biosíntesis es estimulada por la luz (Manach *et al.*, 2004).

Estos últimos, se dividen en seis subgrupos en dependencia de las variaciones de la estructura básica, como pueden ser hidroxilaciones, metoxilaciones, acilaciones o glucosilaciones. De esta manera se distinguen las antocianinas, los flavonoles, las flavanonas, las flavonas y las isoflavonas (Han *et al.*, 2007).

Las funciones que tienen estos compuestos en las plantas son diversas, como por ejemplo constituyen señales visuales para los insectos polinizadores debido a la acumulación de estos pigmentos en la epidermis de las flores y la diversidad de colores que originan como azul, púrpura, rosado y rojo, el papel protector contra las radiaciones ultravioletas, participan en las interacciones simbióticas entre las plantas y los microorganismos e intervienen en la interacción planta-patógeno, ya que en la naturaleza las plantas se encuentran expuestas constantemente a patógenos potenciales como bacterias y hongos. En la mayoría de las plantas, la resistencia ante patógenos se relaciona con respuestas hipersensitivas como muerte celular alrededor del sitio de infección, lo cual implica el reforzamiento de las paredes celulares, la acumulación de lignina, la inducción de la lisis por enzimas y la síntesis de fitoalexinas (Tevini *et al.*, 1991; Koes *et al.*, 1994).

Numerosos compuestos fenólicos como los fenoles sencillos, los ácidos fenólicos y los flavonoides se les atribuyen diversas actividades farmacológicas y médicas, relacionadas con la prevención y el tratamiento de ciertas patologías. Entre las principales propiedades se encuentran las actividades anticancerígenas, las antiinflamatorias, las estimuladoras de la respuesta inmune, las antialérgicas, las antivirales y en general, todas las enfermedades asociadas con el estrés oxidativo (Han *et al.*, 2007).

El efecto biológico más importante que tienen los compuestos fenólicos para la salud humana es la capacidad antioxidante que poseen, ya que numerosas patologías están relacionadas con el aumento de las especies reactivas del oxígeno (ERO) y otros radicales libres. Estas sustancias constituyen átomos o moléculas que presentan uno o más electrones

desapareados, lo cual le confiere la reactividad frente a otros compuestos. Entre las principales ERO se encuentran el anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$), el anión hidroxilo (OH^{\cdot}) y el nitrilo (NO^{\cdot}). Otros radicales libres importantes son los alquilos y los peroxilos (Pastene, 2009).

Las ERO son originadas normalmente en procesos celulares como la respiración celular y tienen un papel importante en la señalización celular. Sin embargo, cuando estas especies se producen en concentraciones elevadas sobreviene el estado de estrés oxidativo, en el cual se origina un desbalance entre las ERO y los mecanismos de defensa antioxidantes, que conlleva a trastornos severos en el metabolismo celular y pueden ocurrir problemas como procesos inflamatorios, isquemia, daños hepáticos y otras enfermedades neurodegenerativas (Nathan y Ding, 2010).

El daño que provocan las ERO está relacionado con la oxidación de diferentes macromoléculas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos que tienen funciones esenciales en las células. Así mismo, provocan la destrucción de orgánulos celulares, específicamente debido a la oxidación de los lípidos de membrana que conforman los distintos compartimentos celulares y que provoca cambios en la solubilidad de las mismas. Este fenómeno se conoce como peroxidación lipídica y está bien documentado por numerosos autores (Venereo, 2002).

Los polifenoles, en general, son capaces de eliminar los radicales libres ya que pueden donar electrones, y formar un radical fenoxilo estable. Diversos trabajos demostraron la capacidad antioxidante de los mismos (Reddy *et al.*, 2008).

Además de las potencialidades de los compuestos fenólicos como agentes antioxidantes, se describen otros usos potenciales en la medicina, como por ejemplo la capacidad antitumoral que presentan los flavonoides. Estudios realizados por Caltagirone *et al.* (2000) y Gupta *et al.* (2001) demostraron que flavonoides como la quercitina y la apigenina, tienen un potencial para inhibir el desarrollo de tumores. Estudios similares refieren que otros flavonoides como la epigallocatequina galato, la luteolina, la apigenina y la genisteína, pueden disminuir el desarrollo de la angiogénesis (desarrollo de nuevos vasos sanguíneos) en ensayos *in vitro* y *ex vitro* (Tosetti *et al.*, 2002).

Los flavonoides también fueron utilizados en la prevención de enfermedades coronarias. La producción endotelial de óxido nítrico inhibe la adhesión y agregación de plaquetas. El aglutinamiento de plaquetas es uno de los primeros eventos que ocurren en la formación de coágulos y que pueden ocluir a las arterias cerebral y coronaria, lo que resulta en un infarto o un derrame cerebral. La inhibición de la agregación de plaquetas es una importante estrategia en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Visioli *et al.*, 2000). Los resultados de pruebas clínicas controladas sugieren que la ingesta frecuente de alimentos y bebidas ricas en flavonoides puede mejorar la función vascular endotelial y disminuir la agregación plaquetaria (Polagruto *et al.*, 2003).

La capacidad antiinflamatoria de los compuestos flavonoides también se sugirió por diferentes autores y favorece procesos como la arteriosclerosis. Esta enfermedad es producida por la acumulación de una placa de ateroma, producida por un exceso de partículas de lípidos de baja densidad en las paredes de los vasos sanguíneos. Esto provoca una respuesta inflamatoria e impide la oxigenación y el transporte de nutrientes hacia los tejidos, lo que constituye la causa principal de los infartos, así como problemas cerebrales (Blake y Ridker, 2003). En el proceso inflamatorio la enzima ciclooxigenasa-2 cataliza la síntesis de prostaglandinas y tienen una función importante en la respuesta inflamatoria.

Estudios realizados por O'Leary *et al.* (2004) demuestran que los flavonoides quercetina, quercetina 3'-sulfato, entre otras presentes en diferentes especies, inhiben la actividad ciclooxigenasa-2. Por otra parte, Cuevas-Rodríguez *et al.* (2010) encontraron que extractos de frutos de zarzamoras silvestres de México, tienen una acción antiinflamatoria mediante la inhibición del óxido nítrico, el cual es un producto que desencadena reacciones proinflamatorias.

Los agentes terapéuticos potenciales para el tratamiento de enfermedades inflamatorias crónicas son investigados constantemente en países desarrollados, los cuales muestran un gran interés en el uso de la medicina complementaria y alternativa, debido al aumento de la resistencia de los microorganismos a los antibióticos convencionales (Chigodi *et al.*, 2013).

Las saponinas son metabolitos secundarios de alto peso molecular. Se encuentran fundamentalmente en forma de glucósidos, los cuales consisten en un residuo de azúcar unido a una estructura esteroideal o triterpénica (Medina, 2016).

Estos metabolitos son ampliamente utilizados en la industria farmacéutica debido a sus propiedades antiinflamatorias, antihipertensivas y anticancerígenas. Los extractos de saponinas fueron utilizados también para mejorar la eficiencia alimenticia en ganados y cerdos (Romero-González *et al.*, 2006).

Las saponinas esteroidales y triterpénicas poseen propiedades surfactantes; por ello, estos compuestos se consideran agentes fitorremediadores para la eliminación de metales pesados en lugares contaminados. Varios trabajos refieren la capacidad de estos compuestos como agentes quelantes naturales de metales como el cromo, el cadmio, el cobre, el plomo y el zinc (González-Valdez *et al.*, 2013).

Entre las saponinas esteroidales caracterizadas son particularmente importantes la diosgenina, la sarsasapogenina y la hecogenina (Santos y Branco, 2014). En la década del 40 del siglo pasado, las saponinas esteroidales alcanzaron gran importancia económica debido a su posible transformación, en derivados farmacéuticos tales como los corticosteroides (prednisona, dexametasona, betametasona, triamcinolona, entre otros), hormonas sexuales y esteroides diuréticos (Fernández-Herrera *et al.*, 2009).

Numerosos investigadores demostraron que las sapogeninas como la hecogenina tienen varias aplicaciones; por ejemplo, tienen actividad antiproliferativa e inductora de la apoptosis en muchas líneas celulares, se emplean en la síntesis de derivados de glucosamina con actividad antiproliferativa y selectiva a diferentes células cancerígenas cérvico-uterinas (Fernández-Herrera *et al.*, 2012); para la obtención de lactonas dinorcolánicas, las cuales son útiles como materiales de partida para la síntesis de esteroides activos (Ruíz-Pérez *et al.*, 2012) y en la obtención de nuevos análogos de brasinoesteroides (Gómez-Calvario *et al.*, 2013).

Las euphorbiáceas incluyen numerosas especies a las cuales se les atribuyen diversos usos etnobotánicos como efectos antimicrobianos, antiinflamatorios, anticancerígenos, antivirales, antidiarreicos, así como para el control de plagas y enfermedades como los moluscos (Wang *et al.*, 2012; Barrueta *et al.*, 2017).

La higuera (*Ricinus communis* L.) es una especie de la familia *Euphorbiaceae* originaria del sureste Mediterráneo e India, pero se encuentra dispersa en diferentes regiones del trópico (Figura 1). Las diferentes partes de la planta como raíces, tallos, hojas, flores y frutos se utilizan desde la antigüedad en el tratamiento de diferentes afecciones y se les atribuyen distintas actividades biológicas como analgésica, diurética, antidiarreica, antibacteriana, hemolítica, entre otras (Rana *et al.*, 2012; Barisi y Omodele, 2014; Bereket *et al.*, 2014).

La clasificación de *Ricinus communis* L. es la siguiente (Strasburger *et al.*, 1971):

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Magnoliophytina

Clase: Magnoliatae

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Ricinus*

Especie: *Ricinus communis* L.

Los extractos de órganos de *Ricinus communis* L. mostraron varios efectos como analgésico, diurético, antidiarreico, antiasmático, antihelmíntico, antimicrobiano, hemolítico, entre otras actividades medicinales beneficiosas (Naz y Bano, 2012; Rana *et al.*, 2012; Barisi y Omodele, 2014). Los extractos de hojas, de raíces y de las semillas oleaginosas se usan en la medicina tradicional como laxante, así como en el tratamiento de

dolores de cabeza, de espalda, de reumatismo, abscesos, hipoglicemia, procesos inflamatorios y trastornos del hígado (Kensa y Syhed, 2011).

Esta planta cumple las altas expectativas de la industria de los biocombustibles, ya que sus semillas presentan una alta concentración de aceites. Entre sus usos industriales, los aceites de las semillas son aprovechados en la preparación de lubricantes, pinturas, aislantes eléctricos, líquidos para frenos, cosméticos, plásticos, barnices, tintas, ceras, nylon, en la producción de fibra óptica, productos farmacéuticos y perfumes (Ramírez, 2017).

Asimismo, los residuos del proceso de extracción de aceites pueden introducirse en otros sistemas de producción, por ejemplo, en la industria agrícola como fertilizantes de suelos o como alimento para animales, ya que presentan un contenido alto de nitrógeno (Botta *et al.*, 1990).



Figura 1. Planta de *Ricinus communis* L. Fuente: Propia.

Ricinus communis L. posee diversos metabolitos secundarios con principios activos de amplia utilidad en la industria médica y farmacéutica. Barisi y Omodele (2014) refirieron la presencia de compuestos fenólicos en extractos de raíces y saponinas en extractos acuosos de raíces, hojas y semillas.

En extractos metanólicos de semillas de higuera se observó la presencia de antocianinas, vitaminas A y C, ricina, esteroides, taninos, saponinas, glucósidos y fenoles (Rahmati *et al.*, 2015).

Estudios similares refirieron la presencia abundante de fenoles, terpenoides y glucósidos en extractos hidroalcohólicos de corteza de *R. communis* L., cantidades moderadas de taninos, saponinas, esteroides y bajas de flavonoides y alcaloides. En extractos hidroalcohólicos de hojas fueron detectados cantidades abundantes de flavonoides, moderadas de fenoles, terpenoides, alcaloides y bajas de glucósidos. En las flores también se observaron contenidos moderados de fenoles, taninos, flavonoides y glucósidos y bajos niveles de saponinas, terpenoides, alcaloides, esteroides, ácidos grasos (Swaati *et al.*, 2014).

Diversos trabajos refirieron un efecto antimicrobiano de diferentes extractos de *Ricinus communis* L. contra diferentes patógenos. Barisi y Omodele (2014) observaron una actividad antibacteriana de extractos acuosos de hojas contra *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella halize*, la cual se asoció con la presencia de saponinas. Investigaciones similares determinaron un efecto inhibitorio contra *S. aureus* y *Escherichia coli* de extractos de hojas (Bereket *et al.*, 2014).

Estudios con semillas de higuera revelaron un efecto antimicrobiano contra más de 20 cepas diferentes de bacterias (Momoh *et al.*, 2012). Los extractos metanólicos de semillas inhibieron el crecimiento de las bacterias *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella typhi*, así como de la levadura *Candida albicans* (Rahmati *et al.*, 2015).

De manera similar, Beenish *et al.* (2015) evaluaron los extractos de semillas con el empleo de solventes de diferentes polaridades y refirieron un efecto antimicrobiano contra *Rhodococcus* spp. y *Bacillus subtilis* con extractos metanólico y clorofórmico; mientras que contra *Escherichia coli* solo el extracto con cloroformo mostró un efecto moderado. Los solventes n-hexano y acetona no fueron efectivos en la extracción de compuestos bioactivos antimicrobianos ya que no se observó actividad inhibitoria contra estas bacterias.

Desarrollo

La presente investigación se realizó en los laboratorios pertenecientes al Centro de Estudios Biotecnológicos (CEBIO) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, Cuba. En la Figura 2 se muestran las diferentes etapas efectuadas a través del esquema general de trabajo.

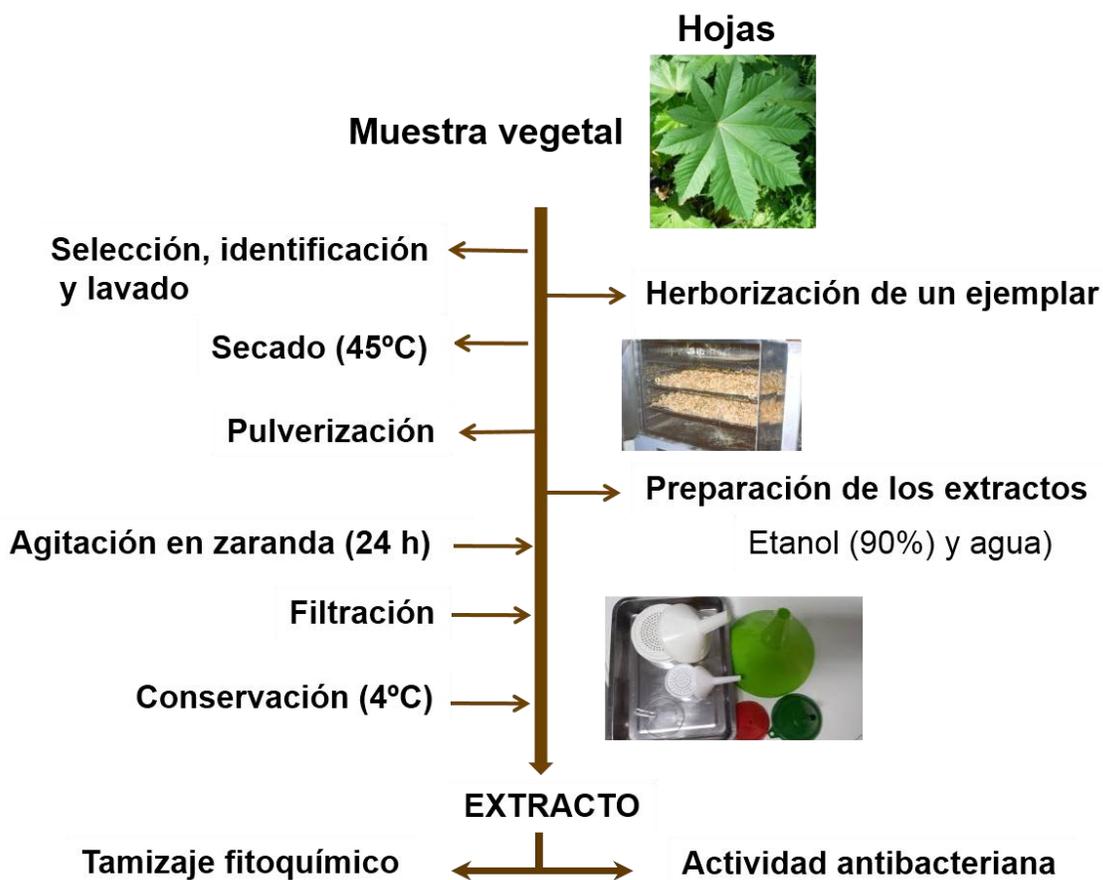


Figura 2. Esquema general de trabajo. Fuente: propia.

Caracterización fitoquímica.

Los extractos acuosos y etanólicos mostraron la presencia de contenidos notables de flavonoides y terpenos, mientras que no se detectaron antocianinas en ninguno de los extractos analizados (Tabla 1). En el caso de los flavonoides el etanol resultó ser un mejor solvente que el agua, lo cual puede estar asociado con la diferencia en polaridad de ambos solventes.

La presencia de los metabolitos secundarios analizados en la presente investigación, fueron referidos con anterioridad en extractos de *Ricinus communis* L. por diferentes autores (Vandita *et al.*, 2013; Alugah y Ibraheem, 2014; Salman *et al.*, 2017). Por otra parte, estos resultados no coinciden con los obtenidos por Rao *et al.* (2013) quienes no evidenciaron la presencia de terpenos y flavonoides en extractos de higuera. Esto puede estar relacionado

con diferentes factores como el genotipo, el ambiente, el momento de corte y las técnicas utilizadas para la detección de los metabolitos secundarios.

La presencia abundante de flavonoides infiere buenas propiedades antioxidantes de los extractos de *R. communis* L. (Jena y Gupta, 2012) y, por tanto, la potencialidad de los mismos para el aislamiento de estos compuestos y su utilización en el tratamiento de las numerosas enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo como las enfermedades neurodegenerativas (Parkinson, Alzheimer), los procesos inflamatorios, el cáncer, entre otros (Rahman, 2007).

Tabla 1. Contenidos relativos de flavonoides, terpenos y antocianinas, en extractos acuosos y etanólicos de hojas de *Ricinus communis* L.

Metabolitos secundarios	Extracto acuoso	Extracto etanólico
Flavonoides	++	+++
Terpenos	+++	+++
Antocianinas	-	-

Contenido: +++ = abundante, ++ = moderados, + = bajo, - = ausencia

En la Tabla 2 se muestran los resultados de tamizaje fitoquímico para los metabolitos: esteroides, saponinas y taninos. Estos últimos se observaron en cantidades abundantes tanto en los extractos etanólicos como en acuosos. Los esteroides fueron detectados también en ambos extractos, pero en bajos niveles, mientras que las saponinas solo fueron detectadas con el uso de etanol como solvente.

Tabla 2. Contenidos relativos de esteroides, saponinas y taninos en extractos acuosos y etanólicos de hojas de *Ricinus communis* L.

Metabolitos secundarios	Extracto acuoso	Extracto etanólico
Esteroides	+	+
Saponinas	-	+
Taninos	+++	+++

Contenido: +++ = abundante, ++ = moderados, + = bajo, - = ausencia

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Swaati *et al.* (2014), Changmai *et al.* (2015) y Kauret *et al.* (2016) quienes observaron la presencia de esteroides, saponinas y taninos en *R. communis* L. Por el contrario, Rao *et al.* (2013) no detectaron la presencia de taninos en esta especie, mientras que Swaati *et al.* (2014) y More *et al.* (2014) determinaron contenidos bajos de taninos y saponinas en sus extractos.

La presencia de flavonoides y taninos en el extractos de hojas de *R. communis* L., sugiere propiedades antihemolíticas a esta especie, ya que las propiedades antioxidantes conferidas a estos metabolitos reducen los niveles de especies reactivas del oxígeno que atacan las membranas de los eritrocitos y provocan la ruptura de los mismos (Alugah y Ibraheem, 2014).

Los resultados correspondientes al estudio fitoquímico de los metabolitos secundarios cumarinas, glucósidos cardiotónicos, antraquinonas y flobataninos se muestran en la Tabla 3. Entre estos compuestos solo se detectaron cumarinas, las cuales se observaron en mayores proporciones en el extracto acuoso en comparación con el etanólico.

Tabla 3. Contenidos relativos de cumarinas, glucósidos cardiotónicos, antraquinonas y flobataninos en extractos acuosos y etanólicos de hojas de *Ricinus communis* L.

Metabolitos secundarios	Extracto acuoso	Extracto etanólico
Cumarinas	++	+
Glucósidos cardiotónicos	-	-
Antraquinonas	-	-
Flobataninos	-	-

Contenido: +++ = abundante, ++ = moderados, + = bajo, - = ausencia

Los resultados obtenidos son congruentes con datos referidos por otros autores como Changmai *et al.* (2015) y Kaur *et al.* (2016), los cuales no observaron la presencia de glucósidos cardiotónicos ni flobataninos en extractos de *R. communis* L.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los obtenidos por More *et al.* (2014) quienes detectaron contenidos bajos de glucósidos en extracto acuoso de *R. communis* L.

En la Figura 3 se muestra el contenido de fenoles solubles, ligados a pared celular y totales en hojas de *Ricinus communis* L. La concentración de los fenoles ligados ($36,54 \text{ mg.mL}^{-1}$) fue superior a los solubles ($19,11 \text{ mg.mL}^{-1}$), con valores totales de $55,65 \text{ mg.mL}^{-1}$.

La observación de compuestos polifenólicos en extractos de *R. communis* L. coincide con los resultados obtenidos por otros autores en esta especie (Changmai *et al.*, 2015). La presencia de estos compuestos también sugiere propiedades antioxidantes de los extractos de *R. communis* L. Varios autores plantean al respecto, que en la medida que aumenta la concentración de polifenoles se incrementa la capacidad antioxidante de los extractos (Krings y Berger, 2001).

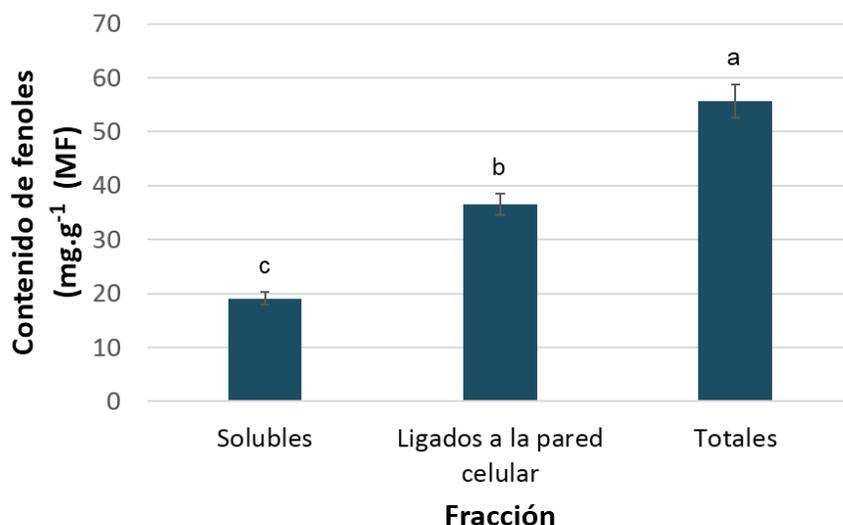


Figura 3. Contenidos de fenoles solubles, ligados a pared y totales en extractos de hojas de *Ricinus communis* L. Letras diferentes indican diferencias significativas entre extractos según Prueba de Student Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

Actividad antibacteriana.

La actividad antibacteriana se realizó con los extractos etanólicos ya que otros autores plantean que tienen un efecto superior al extracto acuoso (Jena y Gupta, 2012). Los resultados frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas se muestran en la Tabla 4. El extracto mostró un efecto antimicrobiano notable frente a la bacteria Gram positiva *Staphylococcus aureus* con halos de inhibición de 15,33 mm; aunque fue estadísticamente inferior al control positivo (Figura 4).

Tabla 4. Actividad antibacteriana de extractos etanólicos de hojas de *Ricinus communis* L. frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Proteus* sp. y *Klebsiella pneumoniae*.

Extractos	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
-----------	------------------	----------------

	DZI (mm)	± EE	DZI (mm)	± EE
Amikazina (control +)	24 ^a	0,58	-	-
Cefalexina (control +)	-	-	14,83 ^a	0,58
Disolución hidroalcohólica	1,03 ^c	0,33	0,00 ^c	0,00
Extracto <i>R. communis</i> L.	15,33 ^b	0,88	5,67 ^b	0,67

Extractos	<i>Proteus</i> sp.		<i>Klebsiella</i> sp.	
	DZI (mm)	± EE	DZI (mm)	± EE
Amikazina (control +)	-	-	-	-
Cefalexina (control +)	12,00 ^a	0,33	4,00	0,2
Disolución hidroalcohólica	0,00 ^c	0,00	0,00	0,00
Extracto <i>R. communis</i> L.	8,67 ^b	0,88	0,00	0,00

DZI: diámetro de la zona de inhibición. Los datos representan medias de tres réplicas. Letras diferentes indican diferencia significativa según Test de Tukey ($P \leq 0,05$).

La actividad antibacteriana del extracto evaluado frente a las bacterias Gram negativas *Escherichia coli*, *Proteus* sp. y *Klebsiella* sp. fue en general inferior al control (Cefalexina)

y al resultado obtenido frente a *Staphylococcus aureus*. Los valores más altos de inhibición del extracto se observaron frente a *Proteus* sp. (8,67 mm). En el caso de *E. coli* la actividad del extracto fue de 5,67 mm de halo de inhibición, mientras que frente a *Klebsiella* sp. el extracto no mostró ninguna actividad antibacteriana.

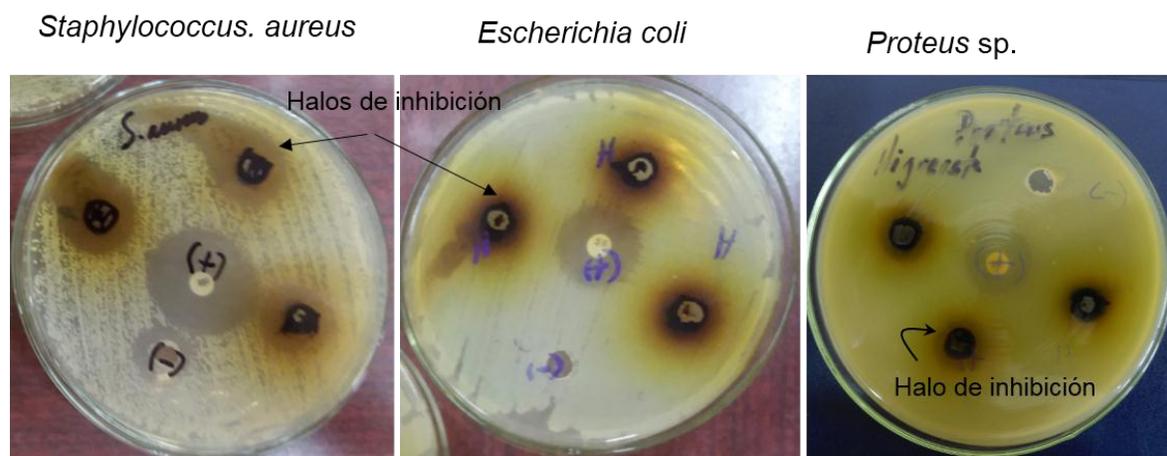


Figura 4. Actividad antibacteriana de extractos etanólicos de hojas de *Ricinus communis* L. frente a *S. aureus*, *E. coli* y *Proteus* sp.

La diferencia observada con relación a la eficacia de los extractos contra las bacterias Gram positivas y Gram negativas, puede estar relacionada con la complejidad de las paredes celulares de estos grupos bacterianos. Las bacterias Gram negativas presentan una mayor complejidad que las Gram positivas, ya que las primeras poseen además de la capa de peptidoglicano, una capa de lipopolisacáridos que puede constituir un obstáculo para la entrada de metabolitos secundarios hidrosolubles hacia el interior de la célula, los cuales son responsables de la acción antibacteriana (Madigan *et al.*, 2015).

La actividad antibacteriana de extractos de *Ricinus communis* L. contra bacterias Gram positivas y Gram negativas fue descrita con anterioridad por varios autores (Naqvi *et al.*, 2011; Singh, R. 2014).

La inhibición del crecimiento mostrada por los extractos etanólicos de *R. communis* L. frente a patógenos Gram positivos como Gram negativos, sugiere su empleo en el tratamiento de diferentes enfermedades infecciosas que afectan tanto a animales como al hombre.

Conclusiones

Se observó la presencia de flavonoides, terpenos, esteroides, taninos, saponinas y cumarinas, en extractos de hojas de *Ricinus communis* L., los cuales poseen numerosas propiedades biológicas, y son de importancia en el desarrollo de la industria médico-farmacéutica y agropecuaria. La presencia de esta familia de metabolitos pueden justificar los usos tradicionales conferidos a esta especie como analgésico, antidiarreico y hemolítico, entre otras. El contenido elevado de compuestos polifenólicos en hojas de *Ricinus communis* L., puede indicar potencialidades en esta especie, como fuente de compuestos antioxidantes de utilidad en la medicina y en la conservación de alimentos. La actividad antibacteriana de los extractos etanólicos de hojas de esta planta frente a microorganismos patógenos, demuestran el uso potencial de la higuera, para el tratamiento de enfermedades bacterianas de origen animal y humano.

Bibliografía

AFOLAYAN, A.J. Extracts from the shoots of *Arctotis artotoides* inhibit the growth of bacteria and fungi. *Pharm. Biol.* 41, 2003, pp. 22-25.

AINILFARHAN, M.U., LEE, P.C., HOW, S.E. Y JUALANG, A.G. Antibacterial activities of *Agave angustifolia* and *Pittosporum ferrugineum*. *Environmental Microbiology and Toxicology*. no.1 vol.1, 2013, pp. 15-17.

ALUGAH, I. Y IBRAHEEM, O. Whole plant screenings for flavonoids and tannins contents in Castor plant (*Ricinus communis* L.) and evaluation of their biological activities. *International Journal of Herbal Medicine*. no.2 vol 2, 2014, pp. 68-76.

BARISI, N.I. Y OMODELE, I. Assessing *Ricinus communis* L. (castor) whole plant parts for phenolics and saponins constituents for medicinal and pharmaceutical applications. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*. no.3 vol 4, 2014, pp. 815-826.

BARRUETA, O., MARTÍN, C.V., CASTELLANOS, L. Y JIMÉNEZ, R. Extracto acuoso de *Euphorbia lactea* Haw como alternativa local para el control de *Plutella xylostella* L. en col. *Revista Centro Agrícola*. no. 1 vol. 44 , 2017, pp. 49-55.

BEENISH, J., MISBAH, R.N. Y JAVED, K. Antimicrobial studies of *Ricinus communis* seeds extracts. *International Journal of scientific research and management*. no. 3 vol. 5 , 2015, pp. 2752-2759.

BEREKET, A., SAMUEL, S. Y FELEKE, M. *In vitro* antibacterial activity of leaf extracts of *Zehneria scabra* and *Ricinus communis* against *Escherichia coli* and methicillin resistance *Staphylococcus aureus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. no. 4 vol. 10, 2014, pp. 816-820.

BLAKE, G. J. Y RIDKER, P.M. C-reactive protein and other inflammatory risk markers in acute coronary symptoms. *Journal of the American College of Cardiology*. no. 4 vol. 4, 2003, pp. 37-42.

BOTTA, S., DEL PIÑAL, C.S., DE LA LUZ, M., CORTÁZAR, R. Y LEISECA, A. Manual de Botánica Sistemática. Apuntes para un libro de texto. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. 1990.

CALTAGIRONE, S., ROSSI, C., POGGI, A., RANELLETTI, F.O., NATALI, P.G., BRUNETTI, M., AIELLO, F.B. Y PIANTELLI, M. 2000. Flavonoids apigenin and quercetin inhibit melanoma growth and metastatic potential. *International Journal at Cancer*. no. 4 vol.87, 2000, pp. 595-600.

CHANGMAI, M., CHETIA, J., UPADHYAYA, S., YADAV, N.R.S. Y BHUYAN, M. Phytochemical and Biochemical Analysis of Two Host Plants of Eri Silkworm, *Samia ricini* (D.). *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* no. 2 vol. 32, 2015, pp. 187-192.

CHIGODI, M.O., SAMOEI, D.K. Y MUTHANGYA, M. Phytochemical screening of *Agave sisalana* Perrine leaves (waste). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. no.4 vol. 4, 2013, pp. 200-204.

CUEVAS-RODRÍGUEZ, E.O., DIA, V.P., YOUSEF, G.G., GARCÍA-SAUCEDO, P.A., LÓPEZ-MEDINA, J., PAREDES-LÓPEZ, O., GONZÁLEZ DE MEJIA, E. Y LIA, M.A. Inhibition of pro-inflammatory responses and antioxidant capacity of Mexican black berry (*Rubus* spp.) extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. no. 17 vol. 58, 2010, pp.9542-9548.

FERNÁNDEZ-HERRERA, M.A., LÓPEZ-MUÑOZ, H., HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, J.M.V., SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, L., ESCOBAR-SÁNCHEZ, M.L., PINTO, B.M. Y SANDOVAL-RAMÍREZ, J. Synthesis and selective anticancer activity of steroidal glycoconjugates. *European Journal of Medicinal Chemistry*. no.54, 2012, pp. 721-727.

FERNÁNDEZ-HERRERA, M.A., SANDOVAL-RAMÍREZ, J., MEZA-REYES, S. Y MONTIEL-SMITH, S. Side-chain opening of steroidal sapogenins to form 22-oxocholestanic skeletons: An approach to analogues of the aglycone of the potent anticancer agent OSW-1. *Journal of the Mexican Chemical Society*. no. 3 vol. 53, 2009, pp. 126-130.

GÓMEZ-CALVARIO, V., ARENAS-GONZÁLEZ, A., MEZA-REYES, S., MONTIEL-SMITH, S., VEGA-BÁEZ, J.L., SANDOVAL-RAMÍREZ, J. Y HERNÁNDEZ-LINARES, M.G. Synthetic pathway to 22,23-dioxocholestanic chain derivatives and their usefulness for obtaining brassinosteroid analogues. *Steroids*. no. 9 vol. 78, 2013, pp. 902-908.

GONZÁLEZ-VALDEZ, L.S., ALMARAZ-ABARCA, N., PROAL-NÁJERA, J.B., ROBLES-MARTINEZ, F., CALENCIA-DEL-TORO, G. Y QUINTOS-ESCALANTE, M. Surfactant properties of the saponins of *Agave durangensis*, aplicación on arsenic removal. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. no. 2 vol. 4, 2013, pp. 87-94.

GUPTA, S., AFAQ, F. Y MUKHTAR, H. Selective growth-inhibitory, cell-cycle regulatory and apoptotic response of apigenin in normal versus human prostate carcinoma cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. no. 4 vol.287, 2001, pp. 914-920.

HAN, X., SHEN, T. Y LOU, H. Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*. no. 8, 2007, pp. 950-988.

JENA, J. Y GUPTA, A.K. *Ricinus communis* Linn: A. Phytopharmacological review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. no. 4 vol. 4, 2012, pp. 25-28.

KAUR, H. P., SINGH, N. Y SINGH, I. Analysis of phytochemicals, antibacterial and antioxidant activities of *Ricinus communis* L. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*. no. 11 vol. 5, 2016, pp. 1152-1161.

KENSA, V.M. Y SYHED, Y.S. Phytochemical screening and antibacterial activity on *Ricinus communis* L. *Plant Sciences Feed*. no. 9 vol. 1 2011, pp. 167-173.

KOES, R.E., QUATTROCCHIO, F. Y MOL, J.N.M. The flavonoid biosynthetic pathway in plants: function and evolution. *BioEssays*. no. 2 vol. 16 1994, pp. 123-132.

KONG, J.M., GOH, N.K., CHIA, L.S. Y CHIA, T.F. Recent advances in traditional plant drugs and orchids. *Acta Pharmacologica Sinica*. No. 24, 2003, pp. 7-21.

MADIGAN, M.T., MARTINKO, J.M., BENDER. K., BUCKLEY, S. Y STAHL, D.A. *Brock Biology of Microorganism*. 14 Ed, 2015, pp. 74- 81.

MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., REMESY, C. Y JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. no. 5 vol. 79., 2004, pp. 727-747.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I., PERAGIO, M.J. Y ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. no. 1 vol. 50, 2000, pp. 5-18.

MEDINA, K. Y BARRERA, E. Diversidad de los compuestos orgánicos bioactivos de origen natural: una singularidad manifestada por la plasticidad en el metabolismo secundario. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. no. 2 vol. 12, 2016, pp. 252-269.

MOMOH, A.O., OLADUNMOYE, M.K. Y ADEBOLU, T.T. Evaluation of the Antimicrobial and Phytochemical Properties of Oil from Castor Seeds (*Ricinus communis* Linn). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. no. 10 vol. 1, 2012, pp. 21 – 27.

MORE, P., RATHOD, G. Y PANDHURE, N. Phytochemical Analysis and Antibacterial Activity in *Ricinus Communis* L. *Periodic Research*. no. 1 vol. 3, 2014, pp. 49- 51.

NAQVI, S.H., DAHOT, M.U., RAFIQ, M., KHAN, M.Y., IBRAHIM, I., LASHARI, K.H., ALI. A. Y KORAI, A.L. Anti-microbial efficacy and biochemical analysis from different parts of *Acacia nilotica*L. and *Ricinus communis* L. *Journal of medicinal plant research*. no. 5, 2011, pp. 6299-6308.

NATHAN, C. Y DING, A. Nonresolving inflammation. A discussion of the abnormalities that lead to chronic inflammation. *Cell*. no.140, 2010, pp. 871.

NAZ, R. Y BANO, A. Antimicrobial potential of *Ricinus communis* leaf extracts in different solvents against pathogenic bacterial and fungal strains. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. no. 12 vol. 2, 2012, pp. 944-947.

PASTENE, E.R. Estado actual de la búsqueda de plantas con actividad antioxidante. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. no. 6 vol. 8, 2009, pp. 449 – 455.

POLAGRUTO, J.A., SCHARAMM, D.D., WANG-POLAGRUTO, J.F., LEE, L. Y KEEN, C.L. Effects of flavonoid-rich beverages on prostacyclin synthesis in humans and human aortic endothelial cell: association with ex vivo platelet function. *Journal of Medicinal Food*. no. 4 vol. 6, 2003, pp. 301-308.

POONAM, K. Y PRATAP, S.K. Antimicrobial activities of *Ricinus communis* against some human pathogens. *International Research Journal of Pharmacy*. no. 7 vol. 3, 2012, pp. 209-210.

RAHMAN, K. Studies on free radicals, antioxidants and cofactors. *Clinical Interventions in Aging*. no. 2 vol. 2, 2007, pp. 219-236.

RAHMATI, H., SALEHI, S., MALEKPOUR, A. Y FARHANGI, F. Antimicrobial activity of castor oil plant (*Ricinus communis* L.) seeds extract against Gram positive bacteria, Gram negative and yeast. *International Journal of Molecular Medicine and Advance Sciences*. no. 1 vol. 11, 2015, pp. 9-12.

RAMÍREZ, I. C. Potencial de uso de la torta de higuera (*Ricinus communis*) como suplemento alimenticio para la producción bovina. Medellín. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. 2017.

RANA, M., DHAMIJA, H., PRASHAR, B. Y SHARMA, S. *Ricinus communis* L. A Review. *International Journal of Pharm Tech Research*.no. 4 vol. 4, 2012, pp. 1706-1710.

RAO, N., MITTAL, S. Y MENGHANI, E. Assessment of phytochemical screening, antioxidant and anti-bacterial potential of the methanolic extract of *R. communis* Linn. *Asian journal of Pharm. Tech* .no. 1 vol. 3, 2013, pp. 20-25.

REDDY, B.S., REDDY, B.P., RAGHAVULU, S.V., RAMAKRISHNA, S., VENKATESWARLU, Y. Y DIWAN, P.V. Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of *Soymida febrifuga* leaf extracts. *Phytotherapy Research*. no.22, 2008, pp. 943-947.

ROMERO-GONZALEZ, J.R. PERALTA-VIDEA, E. RODRIGUEZ, M. DELGADO, J.L. Y GARDEA-TORRESDEY. Potential of *Agave lechuguilla* biomass for Cr(III) removal from aqueous solutions: Thermodynamic studies. *Bioresour. Technol*. no. 97, 2006, pp. 178-182.

RUÍZ-PÉREZ, K.M., ROMERO-ÁVILA, M., TINAJERO-DELGADO, V., FLORES-ALAMO, M. Y IGLESIAS-ARTEAGA, M.A. BF₃.Et₂O-induced stereoselective aldol reaction with benzaldehyde, and steroid sapogenins and its application to a convenient synthesis of dinorcholic lactones. *Steroids*. no. 7 vol. 77, 2012, pp. 819-828.

SALMAN, I.S., HABEEB, H.M., HASSAN, I.A., JASAA, L.A., SALEH, G.S. Y HELAL, Z.H. Effect of ethanolic extract of *Ricinus communis* L. on some Biochemical parameters and hormones in male mice. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. no. 2 vol. 18, 2017, pp. 848-854.

SANTOS, J.D.S. Y BRANCO, A. GC-MS Characterisation os sapogenins from sisal waste and a method to isolate pure hecogenin. *BioResources*. no 1 vol.9, 2014, pp. 1325-1333.

SINGH, R. *In vitro* antibacterial activity of hexane and ethanolic leaf extracts of *Ricinus communis* L. *International Journal of Research in Botany*. no. 3 vol. 4, 2014, pp. 31-33.

STRASBURGER, E.F., NOLL, H. Y SCHIMPER, A.F.W. Tratado de Botánica. Barcelona: Marin.1971, pp. 582.

SWAATI, S., NITIKA, V. Y VEENA, G. Screening of phytochemical constituents of hydro-ethanolic extracts of aerial parts of *Pithecellobium dulce* and *Ricinus communis*. *Research Journal of Chemical Sciences*. no. 8 vol. 4, 2014, pp. 54-57

TEVINI, M., BRAUN, J. Y FIESER, G. The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation. *Photochemistry and Photobiology*. vol. 53, 1991, pp. 329-333.

TOSSETTI, F., FERRARI, N., DE FLORA, S. Y ALBINI, A. Angioprevention: angiogenesis is a common and key target for cancer chemiopreventive agents. *The FASEB Journal*. vol. 16, 2002, pp. 2-14.

VANDITA, P., AMIN, N., KHYATI, P. Y MONISH, K. Effect of phytochemical constituents of *R. communis*, *Pterocarpus santalinum*, *Terminalia bellerica* on antibacterial, antifungal and cytotoxic activity. *International journal of Toxicological and pharmacological Research*. no. 2 vol. 5, 2013, pp. 47-54.

VENEREO, G.J.R. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*. no. 2 vol. 31, 2002, pp. 126-133.

VISIOLI, F., BORSANI, L. Y GALLI, C. Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*. vol. 47, 2000, pp. 419-425.

VIVIANCO, J.M., COSIO, E., LOYOLA-VARGAS, V.M. Y FLORES, H.E. Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y Ciencia*. no. 2 vol. 341, 2005, pp. 68-75.

WANG, Z.Y., LIU, H.P., ZHANG, Y.C., GUO, L.Q., LI, Z.X. Y SHI, X.F. Anticancer potential of *Euphorbia helioscopia* L. extracts against human cancer cells. *Anat Rec*. vol. 295, 2012, pp. 223-233.

WESTH, H., ZINN, C.S. Y ROSDAHL, V.T. An international multicenter study of antimicrobial consumption and resistance in *Staphylococcus aureus* isolates from 15 hospitals in 14 countries. *Microbial Drug Resistance*. vol. 10, 2004, pp. 169-176.