

## Fracción aislada de *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) en el control del biodeterioro de documentos patrimoniales

José de la Paz Naranjo<sup>1</sup>, Sandra Gómez de Saravia<sup>2</sup>, Patricia Battistoni<sup>3</sup>\*,  
María Larionova<sup>4</sup>, Patricia Guiamet<sup>3, 5</sup>

<sup>1</sup> Museo Ernest Hemingway. Finca Vigía, km 12 ½, San Francisco de Paula, 19180. San Miguel del Padrón, Ciudad de La Habana, Cuba. delapazjn@yahoo.es

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones y Desarrollo en Tecnología de Pinturas-CIDEPINT (CICBA-CONICET), 52 e/121 y 122, La Plata (1900), Argentina. sandragomezdesaravia@yahoo.com.ar

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA). UNLP, CCT La Plata – CONICET. CC 16, Suc. 4, (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup> Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto” Avenida Monumental y Carretera del Asilo. 11700. Ciudad de La Habana. Cuba. ismmds@infomed.sld.cu

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP. CONICET. Argentina. pguiamet@inifta.unlp.edu.ar

\* Autor a quien dirigir la correspondencia: patbat@inifta.unlp.edu.ar

### Resumen

Microorganismos, insectos y roedores causan alteraciones en documentos y objetos de interés patrimonial. Para combatirlos son empleados numerosos métodos; algunos causan un impacto negativo en el medio ambiente, dañan la salud del personal que los aplica y aceleran el proceso natural de deterioro. Los productos naturales obtenidos de plantas son una elección efectiva para combatirlos pues, entre sus beneficios, está el no contaminar el medio ambiente. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto biocida de una fracción aislada de hojas de *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) en el control del biodeterioro de documentos patrimoniales. Se evaluó su actividad antimicrobiana frente a microorganismos aislados de documentos depositados en el Archivo Nacional de la República de Cuba y en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina. Se determinó el efecto de la fracción sobre la acidez y la reserva alcalina del papel después de un proceso de envejecimiento acelerado y se calculó la dosis letal media (DL50) en ratones. La fracción de *R. communis* se aisló por extracciones sucesivas con solventes orgánicos de polaridad creciente. La caracterización química de la fracción aislada se determinó por espectroscopía IR y cromatografía en silicagel. El espectro IR mostró la presencia de un grupo nitrilo y otro, grupo carboxilo. En la cromatografía se identificaron 7 compuestos, entre los que predominaron ricinina y rutina. La actividad antimicrobiana se determinó por el método de difusión radial simple y tuvieron efecto dosis dependiente sobre *Enterobacter agglomerans*, *Bacillus polimixa* y *Streptomyces sp.* No se encontraron variaciones estadísticamente significativas en los valores de pH y la reserva alcalina. Estos y futuros resultados permitirán obtener un producto natural con actividad biocida, útil en el control del biodeterioro.

---

**Palabras clave:** biocida - biodeterioro - *Ricinus communis* L.

**Key words:** biocide - biodeterioration - *Ricinus communis* L.

## Isolated Fraction of *Ricinus communis* L. in the Control of Biodeterioration of Heritage Documents

### Summary

Microorganisms, insects and rodents cause alterations in documents and heritage objects of interest. To combat them numerous methods are employed, some have a negative impact on the environment, they also damage the health of the staff who apply them, and accelerate the natural process of deterioration. Natural products from plants are an effective choice to combat them, among their benefits, one is not polluting the environment. The objective of this work was to determine the biocidal effect of a fraction isolated from leaves of *Ricinus communis* L. in the control of biodeterioration of heritage documents. We evaluated their antimicrobial activity against isolates of documents deposited in the National Archives of the Republic of Cuba and in the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentina. The effect of the fraction of the alkaline reserve and acidity of paper after an accelerated aging process was determined, and the median lethal dose (LD<sub>50</sub>) in B<sub>6</sub>D<sub>2</sub>F<sub>1</sub> male mice (18-20 g) was calculated. The *Ricinus communis* L. fraction was isolated by successive extractions with organic solvents of increasing polarity. The chemical characterization of the isolated fraction was determined by IR spectroscopy and chromatography on silica gel. The IR spectrum showed a band at 2222 cm<sup>-1</sup> attributed to the nitrile group and another band at 1659 cm<sup>-1</sup> attributed to the carboxyl group. The chromatography showed 7 elements among which ricin and rutine predominated. The antimicrobial activity was determined by single radial diffusion method. Concentrations of 0.5 and 1.0 mg / hole were dose dependent on *Enterobacter agglomerans*, *Bacillus polimixa*, and *Streptomyces* sp. There were no statistically significant variations in the values of pH and alkaline reserve. The oral LD<sub>50</sub> was calculated at 388.08 mg / Kg. These, and future results will get a natural product with biocidal activity, useful in biodeterioration.

### Introducción

Hace más de 2.300 años ya Aristóteles, en *Historia Animalium*, escribió: “El documento no debe ser visto como objeto físico sino como vínculo de memoria. Este nexo lo hace pieza clave del patrimonio cultural de una nación y de la humanidad. Su conservación es una necesidad de primer orden. Sin él resulta imposible relatar los hechos que conforman la historia de un país. Los primeros factores de alteración fueron, el propio hombre con sus guerras –lo que ocasionaba incendios y destrucción– y las inundaciones de los grandes ríos como el Tigris y Éufrates que acabaron con poblados enteros y con sus archivos y bibliotecas. Posteriormente, fueron los insectos los que ocasionaron las mayores pérdidas”.

Los agentes biológicos que causan alteraciones en archivos, bibliotecas y museos son esencialmente microorganismos (hongos y bacterias), roedores e insectos.

*Bacillus* sp. por ejemplo, puede atacar la celulosa, el pergamino y las colas, provocan el deterioro de los documentos debido a la producción de metabolitos como amilasa, celulasas, N - acetil - β - glucosaminidasa, ácido láctico y fosfatasa ácida, que causan descenso de pH y originan manchas violáceas o rojizas y quiebres en el papel. *Streptomyces* sp. tiene actividad celulolítica y lignolítica y ha sido aislado de pegamentos, libros antiguos, periódicos, pergaminos y documentos con encuadernación en cuero (Aktuganov y col., 2007).

Para combatir el biodeterioro del patrimonio documental son empleados numerosos métodos, como: agua oxigenada, hipoclorito de sodio, amonio, tributil estaño, fenol, timol y salicilanilidas (Ramírez Muñoz, 2011); causan un impacto negativo en el medio ambiente, dañan la salud del personal que los aplica y aceleran el proceso natural de deterioro de los materiales que los reciben. Otros, como el uso de gases inertes son de eficacia demostrada, pero sus condiciones técnicas y de costo limitan su generalización y la aplicación en determinadas instituciones culturales (Valentin, 2004).

*Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) (“higuerilla”, “higuereta”, “palmacristi”, “ricino”, “higuer del diablo”, entre otros), es una planta exótica invasiva presente en muchos países y cultivada en algunas regiones del mundo por el aceite de sus semillas. Es nativa de clima tropicales aunque se ha adaptado a climas subtropicales y templados (Ali y col., 2008).

La planta tiene diversos usos, por ejemplo; los tallos se utilizan para la fabricación de papel, pero las semillas son lo más importante económicamente; de ellas se extrae el aceite de ricino o de castor, que se utiliza para combatir el dolor de estómago, la fiebre, la gripe, las infecciones y las anginas, como emoliente y cicatrizante, pero también como lubricante técnico importante para la manufactura de jabones y tinturas (Scarpa y Guerci, 1982).

Las semillas de esta planta contienen alrededor del 50 % de aceite, ricinina (alcaloide) y ricina, una glicoproteína - lectina, muy tóxica que aglutina los glóbulos rojos sanguíneos y que permanece en la pulpa después de extraer el aceite. Los análisis químicos de las semillas y la composición elemental de las células del endosperma confirman el alto potencial de *R. communis* como una rica fuente de proteína y aceite con posibles usos en la producción de biodiésel (Perea-Flores y col., 2011).

Estudios científicos avalan su efecto biocida contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans*, *Streptococcus progenies*, *Klebsiella pneumonia* y *Aspergillus niger*, así como sus propiedades antioxidante, antiasmática, antidiabética, inmunomoduladora, hepatoprotectora, lipolítica y antiinflamatoria (Jena y Gupta, 2012).

Por lo expuesto fue objetivo de este trabajo estimar el efecto biocida de una fracción aislada de las hojas de *Ricinus communis* en el control del biodeterioro de documentos patrimoniales y valorar su efecto sobre la estabilidad del papel.

## Materiales y métodos

### *Material vegetal, aislamiento e identificación de la fracción*

Como material vegetal se emplearon las hojas del *Ricinus communis* (Figura 1) que crecen en la provincia de Ciudad de La Habana, Cuba.

**Figura 1.-** *Ricinus communis* detalle de la planta



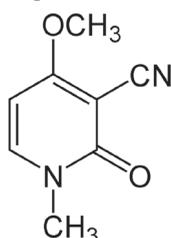
La especie en estudio pertenece a la familia Euphorbiaceae y se encontraba en estadio de floración en el momento de la recolección. Las hojas se lavaron con agua y luego se secaron en estufa con recirculación de aire a temperatura entre 37 - 40 °C durante 24 horas.

El material secado fue molido en forma mecánica y se obtuvo un producto de partículas muy finas. Se hidrató con 1 litro de agua caliente y se concentró al vacío hasta ¼ del volumen inicial. Seguidamente, se filtró y el filtrado fue extraído con acetato de etilo (EtOAc) en ampolla de decantación. A continuación fue evaporado el solvente hasta su sequedad total, y el residuo fue disuelto en etanol caliente y se dejó enfriar para su cristalización. Posteriormente los cristales formados fueron recristalizados por

tres tiempos y secados a 40 °C. Los tres tiempos se hicieron con el objetivo de obtener cristales purificados. La solución de etanol fue evaporada al vacío y obtenida la fracción que se iba a evaluar.

La identificación de los cristales se determinó por espectroscopía infrarrojo medio. Del mismo modo, fue realizada una cromatografía en capa delgada (TLC) (sílica gel 60 F254) para conocer su composición química. El sistema de solvente utilizado fue EtOAc- MeOH- H<sub>2</sub>O (100:17:13); revelador: AlCl<sub>3</sub> 5 % en MeOH, UV 366 nm. Los patrones utilizados para la corrida cromatográfica fueron rutina (quercetina - 3 - rutinósido) y ricinina, alcaloide tóxico que se encuentra en las semillas del *Ricinus communis* y que actúa inhibiendo la síntesis de proteínas al unirse de manera irreversible a los ribosomas eucariotas (Figura 2).

**Figura 2.-** Estructura química de la ricinina



#### **Determinación de la actividad antimicrobiana**

Fueron utilizadas en el ensayo *Enterobacter agglomerans* (bacteria Gram negativa), *Bacillus polymixa* y *Streptomyces* sp. (bacterias Gram positivas), aisladas de documentos depositados en el Archivo Nacional de la República de Cuba y en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina.

Previo al estudio las bacterias se mantuvieron en agar nutritivo por 24 h, y posteriormente se preparó una suspensión bacteriana que correspondió a  $1 \times 10^6$  UFC/ml, según escala de Mc Farland. La actividad antimicrobiana de la fracción fue determinada por el método de difusión radial simple en pocillos (Borrego y col., 2011).

Se sembraron placas de Petri con 15 ml de agar nutritivo estéril con la suspensión bacteriana y 10 µl de la fracción en medio acuoso que fue adicionado en los pocillos (Ø 5 mm). Cada ensayo fue realizado por triplicado y se evaluaron 4 dosis (0,12; 0,25; 0,50 y 1,0 mg/pocillo). Un pocillo adicional –con agua estéril– fue incluido en el ensayo como control negativo, y otro –con sulfato de gentamicina a la concentración de 0,40 mg/pocillo– como control positivo. Posteriormente las placas se incubaron por 24 h a 28 °C y se observaron las zonas de inhibición del crecimiento, que fueron medidas en milímetros. El diámetro (d) de los halos de inhibición se midió en mm:  $d \leq 6$  sin actividad; entre 6-9 actividad moderada;  $\geq 9$  actividad positiva.

#### **Determinación de la dosis letal media (DL<sub>50</sub>)**

La toxicidad aguda de la fracción aislada de las hojas de *R. communis* fue determinada en ratones híbridos machos B<sub>6</sub>D<sub>2</sub>F<sub>1</sub> (18 – 20 g). Los animales fueron mantenidos en ayunas 8 horas antes del experimento. En el momento del ensayo recibieron la fracción aislada en dosis única (no fraccionada) por vía oral en medio acuoso, y fueron observados por un período de 48 h (corto plazo) para registrar la aparición de síntomas tóxicos o muerte. La DL<sub>50</sub> fue calculada usando el método Litchfield y Wilcoxon (Glantz, 1992). Las dosis evaluadas se presentan en la tabla 1.

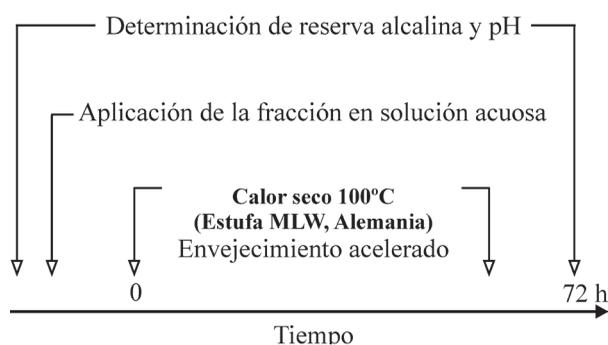
**Tabla 1.-** Estimación de la DL<sub>50</sub>

Grupo	Dosis mg/kg	Número de animales		Valor observado	Valor calculado
		Muertos	Total		
1	250	0	10	0,12	0,41
2	300	1	10	10	6,11
3	350	2	10	20	26,76
4	400	4	10	40	57,21
5	450	9	10	90	81,29
6	500	10	10	97,88	93,59

### Estudio de acidez en tiras de papel

Las variables predictivas usadas fueron: contenido mínimo de carbonato cálcico que neutraliza la acción de los ácidos, medida según la reserva alcalina y el pH, que se midió con un electrodo de membrana plana acoplado a un pH-metro de precisión (Metrohm 780, Suecia). Ambas determinaciones se realizaron antes y después del envejecimiento acelerado. Se utilizó agua destilada como control negativo (Figura 3).

**Figura 3.-** Marcha de trabajo para el estudio de la acidez



El método de envejecimiento acelerado empleado fue el descrito por Browning (1969); utiliza el calor seco a 100 °C durante 72 horas para predecir efectos en aproximadamente 25 años a temperatura ambiente y se sustenta en la ecuación de Arrhenius (Browning, 1969):

$$k = s (-E_a/RT)$$

donde:

K: constante de la reacción;  $E_a$ : energía de activación; R: constante de los gases; T: temperatura absoluta del proceso en grados Kelvin; S: factor de frecuencia.

El extracto acuoso en concentración de 100 mg/ml (100 mg de cristales de fracción aislada en 1 ml de agua destilada) se aplicó con la ayuda de una pipeta automática Eppendorf, hasta la saturación de las tiras de papel de 2 cm<sup>2</sup> (Papel Archive Text. Ref. 678-70A4). Fue incluido un control con agua destilada. Todos los ensayos se realizaron por cuadruplicado y el volumen absorbido fue de 1 ml.

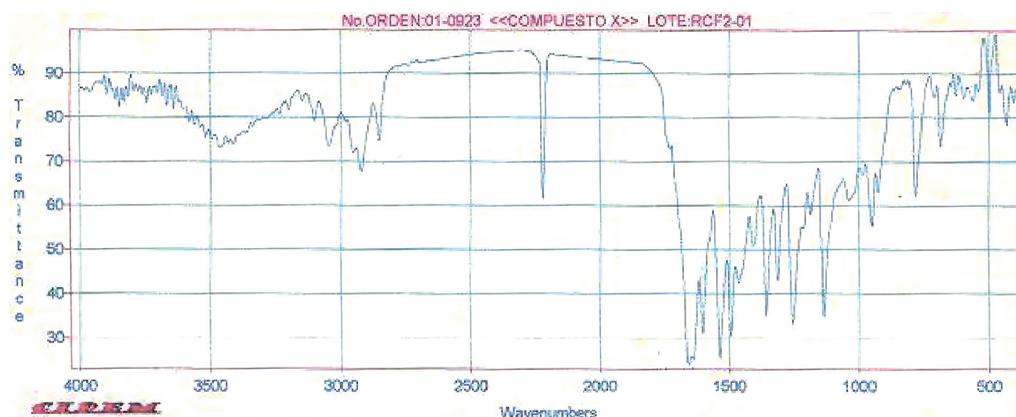
### Análisis estadístico

Para detectar diferencias significativas entre valores antes y después del proceso de envejecimiento del papel (reserva alcalina y pH) y la actividad antimicrobiana (0,12; 0,25; 0,50 y 1,0 mg/pocillo) de la fracción aislada, se utilizó el Test T. El nivel de significación fue de  $p$  menor o igual que 0,05.

### Resultados y discusión

El análisis espectroscópico y cromatográfico de la fracción aislada de las hojas de *R. communis*, empleando la cromatografía en capa delgada (TLC), reveló la presencia de rutina y el alcaloide ricinina. Además, en el espectro IR, se detectó una banda intensa a 2222 cm<sup>-1</sup> atribuida al grupo nitrilo y otra banda relativa a los 1659 cm<sup>-1</sup> atribuida al grupo carboxilo (Figura 4).

**Figura 4.-** Espectro IR de la fracción aislada de las hojas de *Ricinus communis*



La literatura científica refiere que los flavonoides tienen efecto biocida y que los preparados obtenidos de esta planta han demostrado efecto antibacteriano y antifúngico, que sugiere que estos compuestos serían responsables de la actividad encontrada en nuestra investigación (Jena y Gupta, 2012; Takano y col., 2007).

La calidad, la composición, las propiedades fisicoquímicas y la naturaleza del aceite de *Ricinus communis* varía de acuerdo con el método de extracción empleado (Perdomo y col., 2013).

Por otro lado, Farah y col. (1988) plantea que la ricinina inhibe la cadena de transporte electrónico, que podría justificar el efecto encontrado en este estudio de la actividad biocida ante bacterias, partiendo de la base de que la cadena de transporte electrónico es fundamental para la vida celular de los organismos aeróbicos, ya que es su principal fuente de obtención de energía.

La actividad antibacteriana y antifúngica de *R. communis* ha sido informada por varios investigadores. Sin embargo, Upasani y col. (2003) encontraron una actividad insignificante.

En este trabajo, en general, se observó una actividad moderada de *R. communis*, la mayor fue para *Enterobacter agglomerans*, posiblemente por ser Gram negativa. *Bacillus polimixa* fue el más resistente (Tabla 2). Este género bacteriano es el más resistente entre las bacterias Gram positivas (Lennette, 1985) y es una especie formadora de esporas. Sin embargo, (Jena y Gupta, 2012) informan efecto frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* y *Aspergillus niger*; de diferentes extractos a la concentración de 200 mg/mL.

Se ha encontrado efecto tóxico de la ricinina sobre el sistema nervioso central en ratones, y efectos como insecticida, ovicida y ovoposicida, frente a *Callosobruchus chilensis* L., uno de los coleópteros más destructores de granos de leguminosas almacenados. Este efecto es interesante, pues los insectos se encuentran entre los agentes biológicos deteriorantes presentes en archivos, bibliotecas y museos.

El sulfato de gentamicina, aminoglucósido, fue empleado como control positivo por ser activo contra Gram negativas, especialmente *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter*, y especies de *Staphylococcus*.

Por su parte, la  $DL_{50}$  de la fracción fue estimada en los 388,08 mg/kg (coeficiente de regresión lineal  $R = 0,95$ ,  $p \leq 0,05$ ). No fueron observados efectos tóxicos en los animales que recibieron el vehículo (agua destilada). El efecto fue significativo en dosis de 500 mg/kg. En estos ejemplares la muerte ocurrió en las primeras dos horas después de la administración de la droga ensayada. Estos resultados recomiendan su uso, incluso, como rodenticida ya que los roedores son responsables de pérdidas importantes en archivos y bibliotecas (Tabla 1).

La acidez es una de las causas que más influyen en el deterioro del papel y existen normas basadas casi exclusivamente en la determinación de la acidez para predecir su permanencia. Uno de los métodos más fiables es la determinación del pH, debido a la conductividad que se genera en presencia de humedad.

Por su parte, el contenido de carbonato cálcico en el papel es esencial para neutralizar la acidez generada como resultado del envejecimiento natural o de la polución atmosférica. Se entiende entonces, que

**Tabla 2.-** Halos de inhibición obtenidos con las diferentes concentraciones ensayadas

Concentración mg/pozo	<i>Enterobacter agglomerans</i>	<i>Bacillus polimixa</i>	<i>Streptomyces sp.</i>
Fracción de <i>Ricinus communis</i> L.	1,00	5	8
	0,50	3	6
	0,25	0	1
	0,12	0	0
Sulfato de gentamicina	0,40	17	32
Agua estéril	0	0	0

Valor promedio medido en milímetros de los diámetros de los halos.

la mínima reserva alcalina permitida para considerar permanente un papel es la equivalente a un 2 % de carbonato cálcico de su peso en seco (mínimo de 0,4 moles de ácido por kilogramo).

En este trabajo la reserva alcalina del papel empleado estuvo casi 100 veces por debajo del mínimo considerado. Esto sería perjudicial en caso de generarse un fenómeno de acidificación provocado por el producto aplicado. Sin embargo, según los resultados obtenidos, el pH y la reserva alcalina no variaron en grado estadísticamente significativo al realizar las comparaciones antes *vs* después de someter el papel tratado con el producto. No resultó así en los papeles que solo recibieron agua destilada (Tabla 3).

**Tabla 3.-** Valores de significación estadística en el estudio de acidez

Tratamiento	pH	Reserva alcalina
	Significación estadística $p \leq 0,05$	
Agua destilada	0,005	0,005
<i>Ricinus communis</i>	0,873	0,698

Se podría atribuir a la presencia de polifenoles que constituyen uno de los metabolitos secundarios más numerosos en las plantas, con más de 800 estructuras conocidas en la actualidad.

Su propiedad como antioxidante proviene de su gran reactividad como donantes de electrones de hidrógenos y de la capacidad del radical formado.

Un estudio similar con aceites esenciales obtenido de flores de *Lavandula angustifolia* Mill. (Lamiaceae) fue desarrollado por Rakotonirainy y Lavédrine (2005). En esta investigación las variables predictivas de daño empleadas fueron: pH (extracción en frío); factor de difusión de refractancia (brillo); y grado de polimerización viscosimétrica, y se midieron, igualmente, antes y después de un proceso de envejecimiento acelerado (temperatura 80 °C y humedad relativa 65 % por 21 días).

Los resultados revelaron una reducción del pH de más de una unidad, pero no alteraron el brillo y el grado de polimerización. Sin embargo, los autores recomiendan la utilización de este aceite, a bajas concentraciones, como preventivo de la contaminación fúngica en lugares donde se atesora piezas patrimoniales.

## Conclusiones

1. La fracción aislada de las hojas de *Ricinus communis* mostró efecto antimicrobiano moderado y dosis dependiente y una  $DL_{50}$  estimada en ratones de 388,08 mg/kg.
2. Esta fracción no modificó la acidez y su reserva alcalina en papeles sometidos a envejecimiento artificial bajo las condiciones experimentales del estudio.
3. Estos resultados favorecen el uso prometedor de la fracción en el control del biodeterioro de los documentos patrimoniales depositados en archivos, bibliotecas y museos.

## Agradecimientos

Los autores argentinos agradecen a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) Proyecto de incentivos 11N/578 y 11X/632, al CONICET- PIP 0200 y a CICBA (Res-833/14).

## Referencias bibliográficas

- Aktuganov, G.E.; Galimzyanova, N.F.; Melent'ev, A.I.; Kuz'mina, L.Y. (2007). "Extracellular hydrolases of strain *Bacillus* sp. 739 and their involvement in the lysis of micromycete cell walls". *Microbiology* 76(4): 413-420.
- Ali, R.M.; Elfeky, S.S.; Abbas, H. (2008). "Response of salt stressed *Ricinus communis* L. to exogenous application of glycerol and/or aspartic acid". *Journal of Biological Science* 8(1): 171-175.
- Borrego, S.; Valdés, O.; Vivar, I.; Lavin, P.; Guiamet, P.; Battistoni, P.; Gómez de Saravia, S.; Borges, P. (2012). "Essential oils of plants as biocides against microorganisms isolated from Cuban and Argentine documentary heritage". *International Scholarly Research Network. ISRN Microbiology* Volume 2012, Article ID 826786, 7 pp.

- Browning, B.L. (1969). *Analysis of paper*, Chapter 24. New York: Marcel Dekker, INC: 314-317.
- Farah, M.O.; Hassan, A.B.; Hashim, M.M.; Atta, A.H. (1988). "Phytochemical and pharmacological studies on the leaves of *Ricinus communis* L.". *Egyptian Journal of Veterinary Science* 24: 169-180.
- Glantz, S.A. (1992) *Primer of Biostatistics: The program*. Version 3.01. McGraw Hill. NY.
- Jena J.; Gupta, A.K. (2012). "*Ricinus communis* Linn: A Phytopharmacological Review". *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 4(4): 25-29.
- Lenette, E.H. (1985). *Manual of Clinical Microbiology*. 4<sup>th</sup> Edition. American Association for Microbiology. Washington DC: 978-987.
- Perdomo, F.A.; Acosta-Osorio, A.A.; Herrera, G.; Vasco-Leal, J.F.; Mosquera-Artamonov, J.D.; Millan-Malo, B.; Rodriguez-Garcia, M.E. (2013). "Physicochemical characterization of seven Mexican *Ricinus communis* L. seeds & oil contents". *Biomass and Bioenergy* 48: 17-24.
- Perea-Flores, M.J.; Chanona-Pérez, J.J.; Garibay-Febles, V.; Calderón-Domínguez, G.; Terrés-Rojas, E.; Mendoza-Pérez, J.A.; Herrera-Bucio, R. (2011). "Microscopy techniques and image analysis for evaluation of some chemical and physical properties and morphological features for seeds of the castor oil plant (*Ricinus communis*)". *Industrial Crops and Products* 34(1): 1057-1065.
- Rakotonirainy, M.S.; Lavédrine, B. (2005). "Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives stores areas". *International Biodeterioration and Biodegradation* 55(2): 141-147.
- Ramírez Muñoz, S.J. (2011) "Conservación preventiva en acervos documentales. Biodeterioro y Control de Plagas en Archivos y Acervos Documentales". Reunión de Archivos del Gobierno Federal, Museo Tecnológico de la CFE, México, D.F.
- Scholz, V.; DaSilva, J.N. (2008). "Review prospects and risks of the use of castor oil as fuel". *Biomass and Bioenergy* 32: 95-100.
- Scarpa, A.; Guerci, A. (1982). "Various uses of the castor oil plant (*Ricinus communis* L.) A review". *Journal of Ethnopharmacology* 5: 117-137.
- Takano, E.H.; Busso, C.; Lucas Gonçalves, E.A.; Chierice, G.O.; Catanzaro-Guimarães, S.A.; Alves de Castro-Prado, M.A. (2007) "Inibição do desenvolvimento de fungos fitopatogênicos por detergente derivado de óleo da mamona (*Ricinus communis*)". *Ciência Rural*, 37(5): 1235-1240.
- Upasani, S.M.; Kotkar, H.M.; Mendki, P.S.; Maheshwari, V.L. (2003). "Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids". *Pest Management Science* 59: 1349-1354.
- Valentin, N. (2004) *Anoxia de Desinfección. Diseño y propuestas para el control y erradicación del biodeterioro*. Jornadas monográficas. Prevención del biodeterioro en archivos y bibliotecas. Instituto del Patrimonio Histórico Español junio 2004 "Microorganismos e Insectos": 84-89.