

Riesgos de ricino en Portoviejo: Toxicidad para la salud y el ambiente. Una revisión narrativa

Castor bean risks in Portoviejo: Health and environmental toxicity. A narrative review

Riscos da mamona em Portoviejo: Toxicidade para a saúde e o meio ambiente. Uma revisão narrativa

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistavive.v9i25.465>

Enrique Richard 

erichard@sangregorio.edu.ec

Joshua Culcay 

jculcay@sangregorio.edu.ec

José Chamba 

jchambacuadros@gmail.com

William Granizo 

wggranizo@sangregorio.edu.ec

Frank Vines 

fsvinces@sangregorio.edu.ec

Universidad San Gregorio de Portoviejo. Portoviejo, Ecuador

Artículo recibido 4 de julio 2025 / Aceptado 5 de agosto 2025 / Publicado 6 de enero 2026

RESUMEN

Las especies exóticas invasoras constituyen una amenaza significativa para la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la salud humana, al alterar los equilibrios ecológicos y comprometer el enfoque de Una Salud y el exposoma. Entre estos riesgos destaca una planta invasora cuyas semillas contienen ricina, una toxina altamente potente capaz de provocar efectos letales incluso a dosis extremadamente bajas. Este peligro se ve agravado por el antecedente histórico de la ricina como agente de bioterrorismo y arma con potencial uso militar. El presente estudio se fundamenta en una revisión exhaustiva de la literatura científica, orientada a analizar la exposición humana a la ricina y a vincular estos hallazgos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el enfoque de Una Salud y el concepto de exposoma. La elevada densidad de esta especie en entornos urbanos y suburbanos, su continua producción de semillas tóxicas y la ausencia de un antídoto específico conocido justifican su clasificación como una amenaza de alto riesgo para la salud pública. Asimismo, el desconocimiento generalizado de esta especie invasora por parte de la población incrementa la probabilidad de intoxicaciones accidentales o intencionales, tanto en humanos como en animales. En este contexto, resulta prioritario implementar estrategias de vigilancia, así como programas de educación y concientización a nivel comunitario, educativo e institucional, con el fin de reducir los riesgos asociados a la exposición a la ricina y fortalecer la prevención de eventos adversos en salud pública desde una perspectiva integral e intersectorial.

Palabras clave: Ricina; Exposición ambiental; Efecto tóxico; Una Salud; Salud pública

ABSTRACT

Invasive alien species pose a significant threat to biodiversity, ecosystem services, and human health by disrupting ecological balances and compromising the One Health approach and the exposome. Among these risks, an invasive plant stands out whose seeds contain ricin, a highly potent toxin capable of causing lethal effects even at extremely low doses. This danger is exacerbated by ricin's historical use as a bioterrorism agent and a weapon with potential military applications. This study is based on a comprehensive review of the scientific literature, aimed at analyzing human exposure to ricin and linking these findings to the Sustainable Development Goals (SDGs), the One Health approach, and the exposome concept. The high density of this species in urban and suburban environments, its continuous production of toxic seeds, and the absence of a known specific antidote justify its classification as a high-risk threat to public health. Furthermore, the widespread lack of awareness about this invasive species among the population increases the likelihood of accidental or intentional poisonings in both humans and animals. In this context, it is a priority to implement surveillance strategies, as well as education and awareness programs at the community, educational, and institutional levels, in order to reduce the risks associated with ricin exposure and strengthen the prevention of adverse public health events from a comprehensive and intersectoral perspective.

Key words: Ricin; Environmental exposure; Toxic effect; One Health; Public health

RESUMO

Espécies exóticas invasoras representam uma ameaça significativa à biodiversidade, aos serviços ecossistêmicos e à saúde humana, ao perturbar os equilíbrios ecológicos e comprometer a abordagem de Saúde Única e o conceito de exposoma. Dentre esses riscos, destaca-se uma planta invasora cujas sementes contêm ricina, uma toxina altamente potente capaz de causar efeitos letais mesmo em doses extremamente baixas. Esse perigo é exacerbado pelo histórico de uso da ricina como agente de bioterrorismo e arma com potencial para aplicações militares. Este estudo baseia-se em uma revisão abrangente da literatura científica, com o objetivo de analisar a exposição humana à ricina e relacionar esses achados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), à abordagem de Saúde Única e ao conceito de exposoma. A alta densidade dessa espécie em ambientes urbanos e suburbanos, sua produção contínua de sementes tóxicas e a ausência de um antídoto específico conhecido justificam sua classificação como uma ameaça de alto risco à saúde pública. Além disso, a falta de conhecimento generalizado sobre essa espécie invasora entre a população aumenta a probabilidade de envenenamentos acidentais ou intencionais em humanos e animais. Nesse contexto, é prioritário implementar estratégias de vigilância, bem como programas de educação e conscientização nos níveis comunitário, educacional e institucional, a fim de reduzir os riscos associados à exposição à ricina e fortalecer a prevenção de eventos adversos à saúde pública a partir de uma perspectiva abrangente e intersectorial.

Palavras-chave: Ricina; Exposição ambiental; Efeito tóxico; Uma Saúde; Saúde pública

INTRODUCCIÓN

Las especies exóticas invasoras constituyen actualmente uno de los principales problemas ambientales y sanitarios a nivel global, debido a su capacidad para alterar la biodiversidad, degradar los servicios ecosistémicos y generar riesgos directos e indirectos para la salud humana y animal. En el marco conceptual de Una Salud y del exposoma, estas alteraciones adquieren una relevancia particular, ya que comprometen el delicado equilibrio entre los ecosistemas, las poblaciones humanas y los animales, afectando además el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (1-5).

A nivel mundial, la biodiversidad es responsable de la producción de alimentos y consecuentemente garantiza la seguridad nutricional (2,6). Sin embargo, durante las últimas décadas, la introducción y expansión de especies invasoras exóticas ha generado impactos negativos significativos sobre los ecosistemas locales, la calidad ambiental y la salud pública, contribuyendo a la ruptura del enfoque integrador de Una Salud. Dentro de este contexto, se destaca *Ricinus communis*, un árbol de la familia Euphorbiaceae, considerado una especie exótica invasora de amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales, incluida Ecuador (2,6).

Su nombre deriva de la semejanza o parecido de las semillas con la garrapata *Ixodes ricinus* (7,8). La presencia ubicua de *Ricinus communis* en estos espacios incrementa el riesgo de exposición a la ricina, una toxoalbúmina altamente potente presente en el endosperma de sus semillas. Esta toxina puede causar efectos graves e incluso letales en humanos y animales, aun en dosis extremadamente bajas, y ha sido históricamente asociada a eventos de uso criminal, terrorista y militar. Desde la perspectiva del exposoma, la ricina representa un factor de riesgo ambiental relevante, al constituir una exposición tóxica que interactúa con determinantes biológicos, sociales y ambientales a lo largo del curso de vida. (2,6, 9).

Respecto al río Portoviejo hay que destacar que representa uno de los recursos naturales más relevantes para la ciudad homónima y la provincia de Manabí en Ecuador (9,10). Su importancia trasciende lo estrictamente ecológico, debido a que históricamente ha sido un punto de referencia cultural, social y económico que ha permitido el desarrollo de las sociedades que habitan en torno a él y ejercen actividades de agricultura, turismo, ganadería y lo utilizan como fuente de agua para consumo humano y animal, es además el punto de captación para las plantas de agua potable de varias ciudades, y el motor de otras actividades socioeconómicas (11).

En este sentido, el río Portoviejo representa un símbolo de identidad colectiva y un factor de cohesión social para las poblaciones ribereñas, que han establecido con él una relación de dependencia y pertenencia (12).

Frente a esta problemática, se necesitan enfoques científicos y políticos innovadores que permitan articular la complejidad de factores que convergen en la degradación del río Portoviejo ya todo ello repercute entonces en la propia ciudad homónima (13,14). En este escenario, el marco conceptual de Una Salud complementado con el de exposoma ofrece una perspectiva integradora que considera de manera simultánea la salud humana, la salud animal y la salud ambiental (4).

Una Salud plantea la necesidad de abordajes interdisciplinarios y transversales que articulen la biología, microbiología, la ecología, la medicina y las ciencias sociales, con el objetivo de establecer soluciones sostenibles (15,16).

El concepto de exposoma, por su parte, se refiere a la exposición integral de individuos y poblaciones a su entorno a lo largo de la vida. Representa la búsqueda metodológica y tecnológica de caracterizar las exposiciones ambientales a lo largo de la vida, con el objetivo de obtener información mecanicista única sobre los efectos de estas exposiciones en la salud humana (17). Acorde con Rappaport y Smith (18): Los efectos tóxicos son mediados por sustancias químicas que alteran moléculas críticas, células y

procesos fisiológicos dentro del cuerpo, bajo este punto de vista, las exposiciones no se limitan a las sustancias químicas (tóxicas) que entran al cuerpo desde el aire, el agua o los alimentos, por ejemplo, sino que también incluyen sustancias químicas producidas por la inflamación, el estrés oxidativo, la peroxidación lipídica, las infecciones, la flora intestinal y otros procesos naturales.

Transversalmente al concepto de Una Salud y exposoma, varios países del planeta trabajan aceleradamente por cumplir las metas y alcanzar los ODS. Estas son iniciativas globales impulsadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), orientadas a enfrentar los principales desafíos sociales, económicos, ambientales y de salud del planeta. Estos buscan garantizar un desarrollo inclusivo, equitativo y sostenible, promoviendo bienestar humano, justicia social y preservación ambiental hacia 2030 (1).

Por tanto, este estudio se relaciona estrechamente con el ODS 3 (Salud y Bienestar), al reconocer que la salud humana depende del abordaje de los determinantes de la salud, la calidad del entorno, y exposoma de los ecosistemas (1,10-12). La presencia de árboles exóticos invasores con semillas altamente tóxicas y la potencial exposición a la ricina por parte de animales y seres humanos representan también un peligro potencial para el ecosistema, salud animal y humana.

La ubicua presencia del ricino en contextos urbanos pone entonces en relieve el problema ecológico inherente a la condición de especie exótica invasora que afecta a las especies nativas y por tanto al contexto de Una Salud y exposoma. En tal sentido, al referirse al impacto social de la especie señalan a este árbol como “Altamente venenoso, particularmente las semillas, es probable que constituyan un peligro para los niños y los animales” (9).

El riesgo potencial para la salud pública surge de la presencia de ricina en el endosperma de sus semillas; una toxoalbúmina y fitotoxina que aún en concentraciones de 1:1.000.000 puede causar hemólisis y muerte en el ser humano (8,19-25). De hecho, la ricina ha atraído un peligroso interés debido a su historial de uso militar, criminal y terrorista.

Todo ello, justifica entonces continuar los estudios de la misma en el contexto de Una Salud, exposoma y de seguridad nacional, con los controles y políticas necesarios al respecto (5,8,26-28); sobre todo porque esta toxina ha sido sugerida incluso como arma biológica (7,8,25,29).

En efecto, esta toxoalbúmina se trata de una de las más peligrosos para la salud humana ya que es 6000 veces más tóxica que el cianuro y 12.000 veces más que el veneno de una serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*) (30).

Por tanto, el objetivo de la presente revisión narrativa será evaluar el conocimiento actual de la toxicidad potencial y real de la ricina en seres humanos, así como las características que hacen invasora y ubicua a la especie, los signos y síntomas frente a la exposición del ser humano a la toxina ricina, las vías de exposición, mecanismos de toxicidad, tratamientos y pronósticos, los riesgos de uso en el ámbito criminal y terrorismo y propuestas de prevención e intervención en el contexto de Una Salud y exposoma según la evidencia publicada en los últimos 25 años.

METODOLOGÍA

En esta revisión de tipo narrativa se realizó el análisis, síntesis e interpretación crítica de la literatura científica existente sobre la exposición a la ricina en poblaciones humanas. Por tanto, partiendo de la pregunta de investigación y aplicando el formato PICO: P (Población): Seres humanos; I (Intervención/Exposición): Exposición a ricina (intoxicación, vías de exposición). C (Comparación): No aplica necesariamente una comparación directa, a menos que se quiera comparar diferentes dosis o vías de exposición. O Resultados/Outcomes): Toxicidad (síntomas clínicos, patología, mecanismos de acción, dosis letal, pronóstico, tratamiento).

Se realizó una búsqueda de información con los siguientes términos y operadores booleanos en inglés y español: inglés: "ricin" OR "" AND "toxicity" OR "intoxication" OR "poisoning" OR "exposure" OR "lethal dose" OR "symptoms" OR "pathology" OR "treatment" AND "human". español: "ricina" OR "" AND "toxicidad" OR "intoxicación" OR "envenenamiento" OR "exposición" OR "dosis letal" OR "síntomas" OR "patología" OR "tratamiento" AND "humano" en las siguientes bases de datos: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Google Scholar y LILACS (Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud).

Adicionalmente, se realizó una búsqueda manual intencional y dirigida a partir de las referencias bibliográficas de los artículos identificados para encontrar estudios relevantes no capturados en la búsqueda inicial ("snowballing"). Como período de tiempo se tomó los últimos 25 años (desde julio de 2000 hasta la fecha actual, julio de 2025). Los criterios de inclusión fueron: estudios que reporten casos de intoxicación o exposición a ricina en humanos; artículos que describan la toxicidad (síntomas, patología, mecanismos de acción, dosis) de la ricina; artículos publicados en los últimos 25 años; en inglés o español. Tipos de estudio considerados: estudios de caso, series de casos, estudios experimentales (in vivo), revisiones sistemáticas previas (para identificar estudios primarios), etc.

Los criterios de exclusión fueron: artículos que no traten sobre la toxicidad de la ricina (por ejemplo, solo sobre la purificación de ricina sin datos de toxicidad); estudios in vitro o modelos computacionales sin correlación in vivo directa, a menos que sean esenciales para comprender mecanismos de acción; resúmenes de congresos sin publicación completa; artículos anteriores al año 2000; artículos en idiomas diferentes al inglés o español; opiniones, cartas al editor, editoriales, a menos que contengan datos primarios relevantes.

La selección de artículos se realizó en dos fases:

- 1) Cribado por título y resumen: dos revisores independientes evalúan los resultados de la búsqueda basándose en los títulos y resúmenes para descartar artículos claramente irrelevantes.
- 2) Cribado por texto completo: los artículos seleccionados en la primera fase son leídos en su totalidad por los dos revisores independientes para determinar si cumplen con los criterios de inclusión/exclusión.

Las discrepancias se resuelven mediante discusión o la intervención de un tercer revisor. Una vez seleccionados los artículos, se extrajo la información relevante utilizando un formulario de extracción de datos estandarizado para su análisis sobre los siguientes datos: datos del artículo: autor(es), año de publicación, DOI, diseño del estudio: tipo de estudio (caso clínico, experimental, etc.). Población: número de

individuos. Exposición a ricina: vía de exposición (oral, inhalatoria, parenteral), dosis estimada (si disponible), fuente de ricina (semillas, extracto). Hallazgos de toxicidad: síntomas clínicos, tiempo de aparición, patología macroscópica y microscópica, alteraciones bioquímicas, dosis letal (si reportada). Mecanismos de acción: si son descritos. Tratamiento y pronóstico: medidas tomadas, evolución del caso. Resultados clave y conclusiones de los autores.

Finalmente, los autores hicieron un recorrido del casco urbano y suburbano de la ciudad de Portoviejo observando desde un vehículo los lugares donde aparecían árboles de ricino. Asimismo, se recorrió las riberas del Río Portoviejo urbano. En total se documentaron en este período de tiempo 106 sitios con presencia de la especie.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Características generales

El árbol de taxonómicamente pertenece al Dominio: Eukaryota, Reino Plantae, Phylum:

Spermatophyta, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Malpighiales, Familia: Euphorbiaceae, Género: *Ricinus*. Se trata de una planta exótica probablemente proveniente de África o Asia con características notablemente eurioicas que le permiten invadir una gran cantidad de hábitats (7,9,25). De hecho, los autores lo han hallado en Portoviejo, Ecuador, en terrenos baldíos urbanos, colonizando las riberas del Río Portoviejo en todo su trayecto urbano e incluso en playas costeras donde en contacto con el oleaje (Playa de Balsamaragua, Jaramijó y San Vicente; Manabí), Figuras 1 y 2.

La frecuencia de aparición (0,4 árboles/minuto) de la especie en el recorrido realizado por el ejido urbano y suburbano de Portoviejo indica claramente el carácter invasor de la misma y la variedad de sitios de hallazgo, su ubicuidad y confirmación de su presencia como parte del exposoma local.



Figura 1. Árboles y arbustos de en la parte urbana de Portoviejo (Puente el Salto - $1^{\circ} 03' 24.90''$ S, $80^{\circ} 27' 48.11''$ W), nótese que debajo de ellos pasta ganado vacuno en el radio de dispersión de sus semillas.



Figura 2. Árboles de creciendo sobre arena en la playa de Balsamaragua ($0^{\circ} 56' 45.61''$ S, $80^{\circ} 37' 25.60''$ W), nótese la cercanía con la línea de marea.



Figura 3. *Ricinus communis*, en la parte superior (Color rojo) inflorescencia femenina, en la parte inferior (Color blanco crema), inflorescencia masculina



Figura 4. Frutos maduros, algunos abiertos y semillas de *Ricinus communis*.

Estos frutos cuya producción, al menos en Ecuador es permanente a lo largo del año, cuando maduran, literalmente “explotan” lanzando las semillas a una distancia de hasta 5 metros lo cual favorece la dispersión de semillas y de la especie, pero también la disponibilidad de grandes cantidades de semillas en el suelo donde luego pueden ser ingerida intencional o incidentalmente por animales domésticos (perros, ganado ovino, vacuno, caprino, aves de corral, etc.) y humanos especialmente niños atraídos por su color y sabor (9,30-33).

En el caso de Ecuador, es considerada una especie con impacto ecológico, económico, social y sanitario (9), en tanto que en México se considera una especie de impacto alto a la salud pública y biodiversidad (33).

Exposición a la ricina en el contexto de “Una Salud” y exposoma:

Esta toxina se encuentra presente en todo el árbol, pero en mayor concentración en el endosperma de sus semillas (7,30). Se ha descrito que la ingestión de 2-3 semillas es letal en un niño,

y de 5-20 semillas en el adulto (34), Tabla 1 y 2. El aspecto y color de las semillas al parecer las hace atractivas a los niños que eventualmente se las llevan a la boca. Sin embargo, es necesario que las mastiquen para liberar la toxina lo cual al parecer lo hacen, especialmente los niños, por el sabor similar al de la nuez del árbol de nogal (*Juglans regia*) (30,34).

La dosis letal por vía parenteral parece ser 500 veces menor (35), Tabla 1. Otros autores no han encontrado una relación tan clara entre la cantidad de semilla ingerida y el tipo e intensidad de los síntomas (36). De cualquier forma, lo cierto es que, al tratarse de una especie exótica, invasora se convierte por ello en un elemento nuevo del exposoma local al que estará expuesto el ciudadano portoviejense de por vida con los problemas que ello trae aparejado desde todo punto de vista, pero especialmente en el contexto de la salud pública (5,37-39).

Estas consecuencias afectan también al ecosistema urbano y suburbano donde actualmente la especie invade y ocupa espacios que, de diferentes formas, afectan a la biodiversidad, a los animales domésticos y al ser humano. En el primer caso algunos animales de las riberas del río Portoviejo como la iguana (Iguana iguana) que usan árboles nativos como el algarrobo (*Prosopis juliflora*), el tamarindo (*Tamarindus indica*) y *Albizia guachapele* para asolearse y

alimentarse. Pero, en general, no utilizan los árboles de ricino y se desconoce si ingieren sus semillas. Lo propio ocurre también, acorde con lo observado por los autores en campo con varias aves silvestres como la garza blanca (*Ardea alba*) (31).

En este contexto, , además de afectar el ecosistema y por tanto incidir holísticamente en el concepto de Una Salud, se incorpora al exposoma local afectando al ser humano directamente y por tanto convirtiéndose en un problema de salud pública (5). En tal sentido, el grupo etario más afectado por ingesta incidental de semillas de ricino son los niños (31) que al parecer les atrae el aspecto y el sabor similar al de la nuez (*Juglans regia*) (34). Como se indicó precedentemente, se trata de una planta con una gran producción de semillas durante todo el año, mismas que se encuentran por tanto disponibles en grandes cantidades en el suelo adyacente a estos árboles.

Vías de exposición

Esta toxoalbúmina puede presentarse en diversas formas: desde un extracto vegetal sin refinar, cristales purificados o un polvo, hasta una solución líquida.

Cuando se busca su diseminación intencional, la ricina puede ser liberada como un aerosol, mezclada en alimentos o agua, o administrada mediante inyección directa. Existe evidencia,

aunque escasa en la literatura abierta, de que se han realizado pruebas militares con ricina dispersada por aire en forma de partículas submicrométricas (40-42).

La ricina no suele permanecer mucho tiempo en el ambiente. Sin embargo, las partículas de tamaño micrométrico, especialmente las más pequeñas, pueden permanecer suspendidas en el aire durante varias horas si no hay perturbaciones. Además, estas partículas asentadas pueden re suspenderse fácilmente cuando se alteran nuevamente las superficies donde reposan (42).

En estudios de inhalación con animales, se ha observado que la ricina es más potente cuando se utilizan partículas de menos de 10 μm , y su toxicidad aumenta a medida que el tamaño de partícula disminuye, siendo aproximadamente de 1 μm el tamaño más eficaz (40,43,44). Es crucial destacar que la intoxicación por ricina no es contagiosa y la transmisión entre personas es altamente improbable (45).

Al menos en España se sabe que los mecanismos de contacto con la ricina son no intencionales para niños en los primeros años de vida; pero los casos reportados podrían estar vinculado a problemas de violencia doméstica (46). Por otro lado, la mayor morbilidad se encuentra entre los 13 y 18 años y derivado de actividades recreativas (jugar con semillas) o suicidas; por tanto, la clínica grave estaría

representada por aquellos casos de ingesta intencional donde predominan pacientes de sexo femenino (46). En este sentido y acorde con Sequí et al., (34) al menos para España, el hecho de que el ricino es planta exótica y en consecuencia desconocida para las personas locales repercute especialmente en los niños que utilizan las semillas para jugar; posiblemente por su color y eventualmente comerlas debido al sabor similar a la nuez (*Juglans regia*). De igual forma, la heterocromía de las semillas las convierte en potenciales insumos para artesanías, especialmente collares que terminan desencadenando reacciones alérgicas o anafilácticas a las mismas.

En cuanto al tamaño, la semilla mide aproximadamente 25 mm de largo y entre 5 y 16 mm de ancho (25), pero existe también mucha variación dependiendo de la variedad de y el lugar geográfico donde se encuentre (Observación de los autores).

Mecanismo de toxicidad

La ricina es una glicoproteína formada por dos cadenas polipeptídicas, A y B, unidas covalentemente mediante un enlace disulfuro. El mecanismo responsable de la toxicidad radica en la inhibición de la síntesis de proteínas por la cadena A de la ricina que actúa inactivando los ribosomas a través del hidrolizado del enlace N-glucosídico

de un residuo de adenosina en el ARN ribosómico 28S (29,31,47).

Al eliminar la adenina, se impide que el factor de elongación-2 de los mamíferos se una al ribosoma. Esto provoca un bloqueo de la síntesis de proteínas y consecuentemente la muerte celular (29,48-50). Por su parte, la cadena B de la ricina se une a la superficie celular y facilita su entrada (28,29,31,47,51).

Este mecanismo explica la afectación epitelial en mucosa gastrointestinal, epitelio respiratorio y parénquimas como hígado y riñón, con manifestaciones clínicas que dependen de la vía de exposición y de la dosis efectiva (7,25,43,49,50,52). La ricina solo se libera si la semilla se tritura o se mastica (31,34,53-55). Si bien la toxicidad de la ricina se debe principalmente a su capacidad para inhibir la síntesis de proteínas, sus efectos nocivos también involucran otros mecanismos como la activación de vías de apoptosis, el daño directo a las membranas celulares, la alteración de su estructura y función, y la liberación de mediadores inflamatorios como las citocinas (28,52).

La ricina forma parte de un grupo extenso de toxinas, tanto bacterianas como vegetales, que comparten la característica de poseer componentes proteicos de cadena A y cadena B que exhiben actividad de proteína inactivadora de ribosomas (RIP-II) en sus cadenas A. Ejemplos notables de este grupo incluyen toxinas como la difteria, la toxina botulínica y el ántrax (28,52,56-

58). Pero también se encuentran otras toxinas como la shigatoxina (producida por bacterias como *Shigella dysenteriae* y algunas cepas de *Escherichia coli* o STEC), la abrina (del fréjol *Abrus precatorius*), la modeccina (procedentes de bacterias como *Pseudomonas* o *Shigella*), la volkensina (Especialmente en las pasifloras del género *Adenia*) (59-62).

Dosis, vía de exposición y factores individuales:

Las características y la gravedad de la toxicidad por ricina varían considerablemente según la dosis y la vía de exposición o absorción (oral, inhalatoria, por inyección, o dérmica). Además, factores individuales como el grado de masticación de las semillas, la edad y la presencia de comorbilidades influyen en la respuesta tóxica (28, 62, 63).

Dosis letales estimadas y casos históricos de intoxicación

A pesar de las complejidades en la extrapolación, se citan frecuentemente las siguientes cifras para la toxicidad de la ricina en humanos, por ejemplo: Dosis letal por inhalación e inyección: se estima que la dosis letal para humanos es de aproximadamente 5-10 µg/kg de peso corporal cuando la ricina es inhalada (como partículas sólidas o líquidas) o inyectada (intramuscular o intravenosa), lo que equivale a 350-700 µg para un adulto de 70 kg (47).

Tras exposición significativa, aparecen tos, disnea, dolor u opresión torácica y fiebre a las 2–8 horas, con deterioro respiratorio marcado entre 12–24 horas. El macroscopio revela pulmones pesados, edematosos y con espuma traqueal; la microscopia evidencia daño alveolar difuso con edema intraalveolar, membranas hialinas, necrosis epitelial y hemorragia. Gasometría con hipoxemia y, con frecuencia, imagen de síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) (28,44, 45,52). En modelos animales, la LD50 por inhalación se sitúa en el rango de $\mu\text{g/kg}$; en humanos no hay una cifra confiable (28,45).

Parenteral (inyección) y contacto cutáneo/ocular: La inyección produce dolor, eritema y edema local, con posibles abscesos/ “celulitis” estéril; con dosis altas puede aparecer síndrome sistémico y fallo multiorgánico. Macroscópica e histológicamente hay necrosis tisular y trombosis microvascular en el sitio; cuando progresa, reproduce el patrón hepatorenal descrito en vía oral (28,52). El contacto cutáneo sobre piel íntegra ocasiona irritación leve sin toxicidad sistémica relevante (8,28). La exposición ocular causa conjuntivitis, dolor y fotofobia en minutos-horas; en dosis altas puede aparecer queratitis epitelial habitualmente reversible (28).

Dosis oral letal por ingestión de semillas: en casos de intoxicación por ingestión de semillas de ricino, la dosis oral letal estimada de ricina en

humanos varía entre 1-20 mg de ricina/kg de peso corporal, lo que se ha asociado con la ingestión de aproximadamente 8 a 10 semillas (28,62).

Los informes clínicos documentan un rango de ingestión de 0.5 a 30 semillas para síntomas que van de leves a letales (7,28,54,62). Aunque se ha reportado la capacidad de aislar hasta 1 mg de toxina pura de 1 gramo de semillas (una dosis letal), otras fuentes sugieren que 1-6 semillas son tóxicas para niños y 10-20 para adultos (62,64).

El cuadro típico tras ingerir semillas o extractos de inicia con síntomas gastrointestinales: náuseas, vómitos no biliosos, diarrea acuosa (a veces con sangre), dolor abdominal cólico, fiebre y sed marcada (30,31,51). El tiempo de aparición suele ser de 2–6 horas (rango amplio si la semilla no se masticó), con progresión durante las primeras 24–48 horas por pérdidas masivas de líquidos (8,28,34,62,65). A nivel macroscópico se describe gastroenteritis edemato-hemorrágica y congestión visceral; en casos graves, hemorragia digestiva y signos de deshidratación severa. La histopatología muestra necrosis y descamación epitelial con erosiones y hemorragia submucosa; secundariamente, necrosis centrolobulillar hepática y necrosis tubular aguda renal; en bazo puede haber depleción/necrosis linfóide (8,28,52). Las alteraciones bioquímicas se caracterizan por hemoconcentración, leucocitosis, acidosis metabólica, trastornos hidroelectrolíticos

(hiponatremia, cambios del potasio), elevación de AST/ALT, urea/creatinina y CK si hay rabdomiólisis (28,62,65,66). La dosis letal en humanos es muy variable y no está bien definida; se han descrito desenlaces fatales con un número bajo de semillas masticadas, pero muchas exposiciones evolucionan favorablemente con soporte oportuno (31,34,46,67).

Para fines comparativos, los valores de LD50 en ratones son de aproximadamente 3-24 µg/kg tras la inyección o inhalación, y de ~20-30 mg/kg después de la ingestión de semillas, lo que indica que la toxicidad oral es aproximadamente 1000 veces menor que por otras vías (28, 31, 62, 68, 69). Numerosos casos de intoxicación por ricina han sido documentados, incluyendo el notorio ataque al disidente búlgaro Georgi Markov en 1978 (Tabla 2), quien fue asesinado con un paraguas

en Londres (65,70, 71). Al parecer la dosis letal utilizada fue de 3 µg/kg (71). Resúmenes exhaustivos de intoxicaciones humanas por ricina, especialmente por ingestión de semillas, pueden encontrarse en (31, 52, 62, 72, 73).

Signos y síntomas de intoxicación

En pequeñas dosis la toxina causa náuseas, vómitos violentos, dolor abdominal, diarrea profusa acuoso-hemorrágica, dilatación pupilar, escalofríos y fiebre, Tabla 1. En intoxicaciones severas, puede haber convulsiones precediendo a la muerte (8,62). Existen casos de envenenamiento crónico (causado por inhalación del polvo del bagazo producido tras la trituración de la semilla de ricino), consistentes en reacciones de tipo anafiláctico (24).

Tabla 1. Compilación de signos y síntomas reportados por diferentes autores analizados en este trabajo acorde a las vías de intoxicación.

Sistema / vía de intoxicación	Signos y síntomas característicos	Inicio típico (*)	Mecanismos de acción / complicaciones	Frecuencia (síntesis) (*)	Referencias
Gastrointestinal (GI) / ingestión	Náuseas, vómitos profusos, dolor abdominal cólico, diarrea acuosa (a veces sanguinolenta), tenesmo.	2–6 h (rango 0,5–10 h) tras la ingesta.	Deshidratación e hipovolemia; alteraciones hidroelectrolíticas; acidosis metabólica. En casos graves: hemorragia digestiva, shock.	Muy común	Sequí-Canet et al. (34); Pita et al. (8); Audi et al. (28); Thornton et al. (62); Aggarwal (66); Franke et al. (52); Noumi et al. (65); Abomughaid et al. (25)
Sistémico / constitucional	Fiebre, malestar general, astenia, mialgias.	6–24 h	Puede preceder a falla multiorgánica cuando la pérdida de líquidos es severa.	Común	Audi et al. (28); Aggarwal (66); Franke et al. (52)
Hidroelectrolítico / renal	Sed intensa, oliguria, signos de deshidratación; laboratorio: azotemia, hemoconcentración; ocasional hematuria/proteinuria.	12–48 h	Insuficiencia renal aguda (IRA) por hipoperfusión; riesgo de shock.	Común (IRA: ocasional–grave)	Audi et al. (28); Thornton et al. (62); Noumi et al. (65); Aggarwal (66)
Hepático	Dolor en hipocondrio derecho (no siempre); elevación de transaminasas; rara ictericia.	24–72 h	Hepatotoxicidad; necrosis hepática en casos severos.	Ocasional	Audi et al. (28); Pita et al. (8); Franke et al. (52)
Cardiovascular	Taquicardia, hipotensión; piel fría y sudorosa en shock hipovolémico.	12–48 h (secundario a pérdidas GI)	Shock refractario si no se corrige la hipovolemia; arritmias (raro).	Ocasional–común (hipotensión arterial)	Audi et al. (28); Aggarwal (66); Thornton et al. (62)
Respiratorio (inhalación)	Tos, disnea, dolor torácico, fiebre; posterior insuficiencia respiratoria con edema pulmonar/SDRA.	4–8 h (rango 2–24 h) tras aerosolización.	Hipoxemia progresiva; necesidad de soporte ventilatorio en exposiciones altas.	Común en exposición por inhalación	Audi et al. (28); Franke et al. (52)

Sistema / vía de intoxicación	Signos y síntomas característicos	Inicio típico (*)	Mecanismos de acción / complicaciones	Frecuencia (síntesis) (*)	Referencias
Neurológico	Cefalea, mareo, somnolencia; convulsiones y coma en casos muy graves.	Tardío y secundario a hipoxia/hipoperfusión	Encefalopatía metabólica por shock/hipoxia.	Raro	Audi et al. (28); Aggarwal (66)
Ocular (exposición local)	Conjuntivitis, dolor ocular, lagrimeo, fotofobia.	Minutos–horas tras contacto	Queratitis química si exposición intensa.	Ocasional (por contacto)	Audi et al. (28)
Cutáneo / parenteral (inyección)	Dolor local, eritema y edema; celulitis estéril; necrosis tisular alrededor del sitio.	Horas–días	Absceso estéril; síndrome sistémico si dosis alta.	Raro (exposición no habitual)	Audi et al. (28); Franke et al. (52)
Evolución temporal típica	GI agudo pérdida de fluidos compromiso renal/hemodinámico; en inhalación: cuadro respiratorio rápido.	Primeras 24–48 h críticas	Muerte por shock/insuficiencia multiorgánica en 36–120 h si no hay soporte oportuno.	—	Sequí-Canet et al. (34); Audi et al. (28); Thornton et al. (62); Noumi et al. (65)

(*) Los rangos de inicio y la frecuencia son aproximados y varían según dosis, vía, preparación de la semilla (masticación/molturación) y condiciones individuales. La categoría de frecuencia (muy común/común/ocasional/raro) es una síntesis cualitativa de los reportes y revisiones citadas.

Tratamientos y pronósticos

No existe un antídoto de uso clínico estándar; el manejo es de soporte y se ajusta a la vía de exposición (28, 52, 66). Ingestión: reanimación hídrica vigorosa, corrección de alteraciones hidroelectrolíticas y ácido-base, antieméticos, analgesia y monitorización estrecha renal y hepática. La descontaminación gastrointestinal solo se valora si la consulta es muy precoz y tras ponderar riesgos; los antibióticos o corticoides no tienen indicación específica salvo razones clínicas independientes (28, 46, 66, 67). Inhalación: soporte respiratorio escalonado (oxígeno, ventilación mecánica si procede) y manejo del Síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) según guías generales (protección pulmonar, etc.) (28, 45). Parenteral/local: control del dolor y manejo de lesión necrótica/absceso estéril; el tratamiento sistémico es el mismo soporte ya descrito cuando hay afectación generalizada (28, 52). No hay evidencia de que técnicas depurativas eliminen ricina; la hemodiálisis se reserva a la insuficiencia renal aguda por indicación nefrológica (28, 66).

Evolución del caso y pronóstico

La mayoría de las ingestiones evolucionan favorablemente si el soporte se instaura temprano; los malos desenlaces se asocian a dosis altas (semillas masticadas/extractos), demora en atención y complicaciones como shock

hipovolémico, IRA o SDRA (28, 31, 62). Los cuadros inhalatorios significativos pueden progresar rápido a insuficiencia respiratoria y requieren UCI; el pronóstico empeora si se instala SDRA (28, 45).

En reportes clínicos y series pediátricas se han documentado fallecimientos en 3–5 días sin soporte intensivo, mientras que con manejo oportuno la recuperación suele ser completa (24, 28, 34, 36, 65). En suma, el pronóstico depende de la vía, la dosis efectiva (p. ej., masticación que rompe la testa) y, sobre todo, de la celeridad e intensidad del soporte (28, 62, 66).

La Ricina y su potencial peligro de uso en el terrorismo

La toxina ha sido explorada para un posible uso militar por diferentes naciones. Fue incluida en diferentes programas de armas durante la Segunda Guerra Mundial (nombre en clave: compuesto W), y posteriormente se produjo material para armas hasta la década de 1980 (28, 68, 74, 75). Con base en su historial, la ricina es una sustancia prohibida tanto por la Convención sobre Armas Químicas (CWC, compuesto de la lista 1) como por la Convención sobre Armas Biológicas (BWC), y su posesión o purificación está estrictamente regulada y controlada por la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ).

La relativa facilidad para preparar un extracto crudo y la disponibilidad mundial de la planta también ha hecho de la ricina un agente potencial de bioterrorismo. Por lo tanto, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades la han catalogado como agente de categoría B de riesgo potencial de bioterrorismo (76,77). Al respecto, probablemente el caso más conocido del uso de esta toxina con fines terroristas sea el del asesinato de Georgi Markov, periodista búlgaro, exiliado en el Reino Unido, al que se le administró 500 µg de ricina punzándole el muslo derecho con el extremo de un paraguas modificado a tales fines (8,31,35).

En los últimos años se halló ricina en una carta de la oficina de correos de la Casa Blanca y en la

oficina de un senador estadounidense (26,27); asimismo; se halló ricina en posesión de personas afines a grupos antigubernamentales y, fuera de los Estados Unidos, en posesión de individuos posiblemente vinculados a organizaciones terroristas (78,79). Estos hechos, entre otros, han ido desarrollando a nivel global preocupación y toma de conciencia sobre el potencial de la ricina como uso de arma terrorista. En este sentido, el Centro de Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de Estados Unidos, clasificó a la ricina como un agente de prioridad secundaria (Categoría B) debido a su facilidad de propagación que, si bien esto hace que la mortalidad sea menor, la morbilidad en cambio resulta de moderada a alta (26,27).

Tabla 2. Síntesis de incidentes vinculados al terrorismo que involucraron la toxoalbúmina Ricina.

Fecha y lugar	Resumen del incidente
Washington, DC, EE. UU. (2013)	Shannon Richardson fue arrestado por enviar cartas contaminadas con ricina a políticos, incluido el presidente de los Estados Unidos de América, Barack Obama, y el alcalde Michael Bloomberg.
Washington, DC, EE. UU. (2013)	Se interceptaron sobres dirigidos al presidente de los Estados Unidos de América, Barack Obama, y al senador Roger Wicker, y se descubrió que estaban contaminados con ricina.
Abha, Arabia Saudita (2012)	Una intoxicación letal por ricina debido a la ingestión de una mezcla de hierbas medicinales que contiene ricina.
Georgia, Estados Unidos (2011)	Cuatro miembros de un grupo de milicianos locales fueron arrestados por conspirar para fabricar y utilizar más de 10 Kg de ricina.
Washington, Estados Unidos (2009)	Los clientes y empleados de varios bares gay de la ciudad de Seattle fueron amenazados con envenenamiento por ricina.
Nevada, Estados Unidos (2008)	Roger Von Bergendorff fue arrestado por posesión de una gran cantidad de ricina, armas de fuego y propaganda anarquista.
Londres, Reino Unido (2003)	Seis miembros sospechosos de estar involucrados con la “red checana” fueron arrestados y se les encontró posesión de restos de ricina, semillas de ricino y equipos de purificación de ricina.
Carolina del Sur y Washington, DC, EE. UU. (2003)	Se interceptaron cartas y paquetes contaminados con ricina en varias instalaciones de correo postal en Carolina del Sur y Washington, DC. También se detectó contaminación con ricina en la sala de correo del senador estadounidense Bill Frist.
Irak (2002)	Se informó que el grupo militante sunita Ansar al-Islam estaba probando ricina aerosolizada en animales.
Washington, Estados Unidos (2002)	Kenneth Olsen fue arrestado por posesión de 1g de ricina.
Michigan, Estados Unidos (1998)	Dwayne Kuehl fue arrestado por intentar utilizar ricina contra un funcionario de la ciudad.
Michigan, Estados Unidos (1998)	Cuatro miembros de la Milicia Norteamericana fueron arrestados y acusados de posesión de armas y conspiración. Durante la investigación, se encontró un video que describía cómo purificar la ricina de las semillas de ricino en formato de programa de cocina.
Wisconsin, Estados Unidos (1997)	Se descubrió que Thomas Leahy poseía 0,67g de ricina mezclada con nicotina y algún tipo de disolvente. También se creía que intentaba mezclar ricina con hojas de afeitar.

Fecha y lugar	Resumen del incidente
Misuri, EE. UU. (1995)	Michael Farrar fue intoxicado con semillas de ricino por su esposa Debora Green, lo que provocó varias cirugías de corazón y cerebro.
Arkansas, Estados Unidos (1995)	Thomas Lavy fue capturado y se encontró que poseía una asombrosa cantidad de 130 gramos de ricina.
Minnesota, EE. UU. (1994-1995)	Un grupo de milicianos que protestaban por el pago de impuestos fue el primero en ser condenado por posesión de ricina según la Ley Antiterrorista de Armas Biológicas de 1989.
Texas, Estados Unidos (1982)	William Chanslor fue condenado por intentar practicarle eutanasia a su esposa mediante intoxicación con ricina.
Virginia, Estados Unidos (1981)	Boris Korczak, un agente doble de la CIA, recibió un disparo con una bala mezclada con ricina que le penetró el riñón.
Londres, Reino Unido (1978)	Georgi Markov, un disidente búlgaro, fue asesinado mediante el uso de una bala con ricina disparada desde un arma con forma de paraguas.

Todos los incidentes se derivaron de informes de fuentes abiertas. Compilación de Bozza et al., 2015.

Medidas de prevención e intervención social

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la educación para la salud se define como la disciplina encargada de orientar y organizar procesos educativos con el propósito de influir positivamente en conocimientos, prácticas y costumbres de individuos y comunidades en relación con su salud (80). Trabajos posteriores informan una correlación evidente entre niveles educativos bajos y problemas de salud en el contexto de Una Salud y el exposoma local (39,81-83).

Al incorporar el concepto de "contaminar" (84) en este caso en referencia a especie invasora y el potencial que implica la semilla de ricino en la vía pública en el marco del exposoma, podemos obtener una comprensión integral de la exposición a los contaminantes ambientales (83). Esto permite un análisis exhaustivo de la compleja interacción entre los factores ambientales y los resultados en la salud pública (5,83), reflejados en diferentes dificultades para mantener un estado de salud óptimo.

Entre tales dificultades se mencionan (83,85): barreras sociales para el acceso a servicios de salud; problemas asociados al uso correcto de medicamentos; acceso deficiente a información en salud; dificultades en el control de enfermedades crónicas. Si se tiene en cuenta que la promoción en

salud es un proceso mediante el cual la comunidad logra tomar el control de su situación en salud, a partir de las herramientas y conocimientos otorgados por personal entrenado, se logra evidenciar que la educación para la salud es una herramienta fundamental para lograr este objetivo. En otras palabras: "Nadie puede prevenir, o mitigar lo que no conoce o no sabe que existe".

En este caso, se hace prioritario el trabajo conjunto del personal especializado del área de salud con educadores del área pedagógica (educación formal e informal) pero especialmente de divulgadores científicos en las redes sociales. Estos últimos actualmente son la punta de lanza del acceso al conocimiento por parte de las nuevas generaciones (Millenials, Centenials y Alfa). Por lo que esta modalidad divulgativa actualmente juega un papel protagónico y de más peso que otros (86,87). En este contexto, el medio preferido por divulgadores científicos y generadores de contenido es YouTube con un alcance estimado en 2020 de más de 1900 millones de personas ya que el contenido generado por los denominados YouTubers o más recientemente Cultubers (88,89) en un idioma determinado; es traducible inteligentemente por YouTube a casi todos los idiomas permitiendo con ello un altísimo grado de penetración social.

Muchos de estos generadores de contenido o "Cultubers" (88) son investigadores y/o docentes

universitarios que realizan estas actividades como parte de su compromiso de responsabilidad social universitaria (89,90); una responsabilidad que debería ser extendida y/o cumplida por todos los docentes universitarios si realmente se pretende lograr Una Salud libre de toxinas contaminantes en general y creando conciencia de los riesgos de las mismas incluso en usos no éticos como el caso del terrorismo y otras formas delictivas.

En este punto no se debe olvidar que actualmente al hablar de salud debemos contextualizar el término en el concepto de “Una Salud” referido a las responsabilidades y acciones mundiales para enfrentar los riesgos sanitarios en la interfaz humano-animal-ecosistema (2) así como la inclusión del problema identificado al exposoma local (5). Por tanto y asumiendo que la salud ambiental repercute en todos los seres vivos, organizaciones no gubernamentales como Birdlife International con el apoyo de otras como la Fundación Félix de Azara propusieron a la ONU incorporar la Declaración Universal de Derechos Humanos el derecho a un ambiente sano (2).

Sin duda algo que se puede lograr si existe la concientización de la importancia del ambiente en la salud humana, lo cual nos remite nuevamente a la educación como principal herramienta de prevención en salud. Misma que se nutre de

la investigación como fundamento y sustento. Investigar para conocer, conocer para educar, educar para conservar y conservar para prosperar. Mientras no comprendamos esta ecuación tan sencilla, cualquier estrategia o política al respecto sólo tendrá resultados efímeros como lo demuestran las diferentes experiencias al respecto.

Consecuentemente, cualquier estrategia y/o políticas de prevención y mitigación deberían promover la investigación científica a todo nivel para sustentarse en ella como principal fuente de credibilidad y los conocimientos generados incorporarse en forma permanente dentro del ecosistema educativo en los currículos escolares y de todas las carreras universitarias en el marco conceptual de “Una Salud”, para lograr con ello el resultado deseado a nivel global.

Todo ello acompañado de una “agresiva” campaña permanente de divulgación científica promovida desde las instituciones académicas como lo que realmente es, un acto de responsabilidad social universitaria. En este marco, lograr la incorporación del derecho a un ambiente saludable dentro de la declaración universal de derechos humanos debe ser también una prioridad educativa.

CONCLUSIÓN

A partir de la evidencia analizada en la literatura, es un árbol exótico e invasor proveniente probablemente de África o Asia. Actualmente se ha establecido en toda la urbe y espacios suburbanos de Portoviejo, pero es especialmente abundante en las riberas del río homónimo. La gran adaptabilidad de la especie ha hecho que se la pueda encontrar incluso en la costa marina del Pacífico. La semilla de la especie es portadora de una toxoalbúmina que aún en dosis relativamente pequeñas es letal, tanto para el ser humano como para animales domésticos y probablemente para la biodiversidad nativa también. La severidad de esta toxina ha permitido que sea utilizada en el terrorismo por lo que ha sido prohibida por varias instituciones gubernamentales e internacionales.

La presencia del árbol en los ecosistemas urbanos y suburbanos de Portoviejo, afecta la biodiversidad nativa y su incorporación a estos ecosistemas implica desde el concepto holístico de Una Salud un problema de salud pública y parte del exposoma local. Las vías de exposición a la toxina incluyen la oral como la más frecuente, pero también es posible a partir de la inhalación y la vía parenteral. Actualmente no se cuenta con un antídoto contra la toxina y solo es posible un manejo clínico de soporte acorde a la vía de exposición. Por tanto, se hace prioritario desarrollar estrategias

de intervención educativas involucrando la educación tanto formal como informal a fin de evitar potenciales casos de intoxicación humana y animal entre otros problemas inherentes a la salud pública. Esto último es determinante para contribuir a alcanzar los ODS involucrados en este estudio en el contexto de Una Salud y exposoma.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran no tener conflicto de interés

AGRADECIMIENTOS. ER: Conceptualización del artículo, redacción original, adquisición de los datos de información, edición, revisión final y fotografías. JICD: Análisis y procesamiento de la información, revisión de la edición, revisión final. JECC: Adquisición de los datos de información, análisis y procesamiento de la información, revisión de la edición, WGGV: Análisis y procesamiento de la información. FSVV: Análisis y procesamiento de la información.

REFERENCIAS

1. Organización de Naciones Unidas. Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
2. Giacchino A, Orozco M, Bertonatti C, Di Nucci D, Homberg M, et al. COVID-19: La pérdida de biodiversidad y el riesgo para la salud humana. Fundación de Historia Natural Félix de Azara; 2020. https://www.researchgate.net/publication/343294965_COVID-19_La_perdida_de_biodiversidad_y_el_riesgo_para_la_salud_humana
3. Borroto E, Jiménez P. Cambio climático: Actuemos desde el sector salud. Quito: San Gregorio Editorial; 2024. <https://editorial.sangregorio.edu.ec/producto/cambio-climatico/>
4. Pitt S, Gunn A. The One Health concept. Br J Biomed Sci.81:12366. 2024. <https://doi.org/10.3389/BJBS.2024.12366>

5. Flores D, Taboada MdeLÁ. Biodiversidad y "Una Salud": La conexión esencial que debemos proteger. *Rev Fac Med*. 2025; 18(1):35–43. <http://hdl.handle.net/11336/269676>
6. Kumar Rai P, Singh JS. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecol Indic*. 2020; 111:106020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>
7. Polito L, Bortolotti M, Battelli M, Calafato G, Bolognesi A. Ricin: An ancient story for a timeless plant toxin. *Toxins (Basel)*. 2019; 11(6):324. <https://doi.org/10.3390/toxins1106032>
8. Pita R, Anadón A, Martínez-Larrañaga M. Ricina: Una fitotoxina de uso potencial como arma. *Rev Toxicol*. 2004; 21:51–63. <https://www.redalyc.org/pdf/919/91921301.pdf>
9. Herrera I, Vargas A, Rizzo K, Panchana K, Freire E, Espinoza B. Plantas exóticas invasoras del Ecuador continental. *Samborondón: Universidad Espíritu Santo*; 2022. <https://uees.edu.ec/descargas/libros/2022/plantas-exoticas-invasoras-del-ec-continental.pdf>
10. Quiroz Fernández L, Izquierdo Kulich E, Menéndez Gutiérrez C. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ing Hidrául Ambient*. 2017;38(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004
11. Guambo G, Torres J, Quiroz S. Historical analysis of water pollution in the Portoviejo River. *Minerva*. 2022;3(8):54–60. <https://doi.org/10.47460/minerva.v3i8.64>
12. Pinoargote-Vinueza J, Álvarez-Gutiérrez Yde la M. Calidad de agua del río Portoviejo y su incidencia en el turismo. *593 Digit Publ CEIT*. 2023;8(5):481–9. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2067>
13. Macias-Bravo W, Guerrero-Aray K. Conservación del río Portoviejo: implicaciones del derecho constitucional y ambiental en la protección de los recursos hídricos. *MQRInvestigar*. 2025;9(2):e677. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e677>
14. Zambrano-Párraga S, Galimberti C. Espacios residuales contemporáneos en sectores del área urbana de la ciudad: Caso Río Portoviejo. *Rev San Gregorio*. 2023;1(53):127–43. <https://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/2437>
15. Benito Intriago-Flores J, Santiago Quiroz-Fernández L. Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. 2021;6(6):1144–71. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2811>
16. Mackenzie J, Jeggo M. The one health approach-why is it so important? *Trop Med Infect Dis*. 2019;4(2). <https://doi.org/10.3390/TROPICALMED4020088>
17. Vermeulen R, Schymanski E, Barabási A, Miller G. The exposome and health: Where chemistry meets biology. *Science*. 2020;367(6476):392–6. <https://doi.org/10.1126/science.aay3164>
18. Rappaport S, Smith M. Epidemiology. Environment and disease risks. *Science*. 2010; 330(6003):460–1. <https://doi.org/10.1126/science.1192603>
19. Ranjan N, Singh P, Maurya N. Pharmaceuticals in water as emerging pollutants for river health: A critical review under Indian conditions. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2022; 247:114220. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2022.114220>
20. Reddy S, Kaur K, Barathe P, Shriram V, Govarthanan M, Kumar V. Antimicrobial resistance in urban river ecosystems. *Microbiol Res*. 2022; 263:127135. <https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2022.127135>
21. Burgos B, Cartaya S, Mero D. Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investig Geogr*. 2019; 98. <https://doi.org/10.14350/rig.59767>
22. Pinto C, Prehn Garces C. Análisis de la cuenca del río Portoviejo y el plan de contingencia ante el fenómeno de el niño. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip*. 2023;7(1):1929–49. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4535
23. Rodríguez E, De La Cadena L, Ureta A. Las inundaciones en la cuenca del Río Portoviejo: ¿Un asunto resuelto? Proyecto INUNRED Manabí-Piura. 2020. <https://www.avsf.org/app/uploads/2025/02/inundaciones-río-portoviejo.pdf>

24. Pérez F, Picón F, Valero R. Intoxicación por ingesta de semillas del ricino. *Rev Toxicol*. 1994;11(1):13–5. <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2021/08/revtox.11.1.1994.pdf>
25. Abomughaid M, Teibo J, Akinfe O, Adewolu A, Ayandeyi T, Afifi M, et al. Revisión fitoquímica y farmacológica de L. *Discov Appl Sci*. 2024;6:315. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-05964-5>
26. Centers for Disease Control and Prevention. Biological and chemical terrorism: Strategic plan for preparedness and response. *MMWR Recomm Rep*. 2000;49(RR-4):1–14. <https://www.cdc.gov/mmwr/PDF/rr/rr4904.pdf>
27. Centers for Disease Control and Prevention. Investigation of a ricin-containing envelope at a postal facility—South Carolina, 2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2003;52: 1129–31. <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/71/wr/pdfs/mm715152-H.pdf>
28. Audi J, Belson M, Patel M, Schier J, Osterloh J. Ricin poisoning: A comprehensive review. *JAMA*. 2005;294(18):2342–51. <https://doi.org/10.1001/jama.294.18.2342>
29. Bozza W, Tolleson W, Rivera L, Zhang B, Ricchini N. Ricin detection: Tracking active toxin. *Biotechnol Adv*. 2015;33(1):117–23. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.11.012>
30. Abbes M, Montana M, Curti C, Vanelle P. Ricin poisoning: A review on contamination source, diagnosis, treatment, prevention and reporting of ricin poisoning. *Toxicon*. 2021; 195:86–92. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.02.002>
31. Worbs S, Köhler K, Pauly D, Avondet M, Schaer M, Dorner M, et al. intoxications in human and veterinary medicine—A summary of real cases. *Toxins (Basel)*. 2011; 3(10):1332–72. <https://doi.org/10.3390/toxins3101332>
32. Akande T, Odunsi A, Akinfala E. A review of nutritional and toxicological implications of castor bean (L.) meal in animal feeding systems. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2016; 100:201–10. <https://doi.org/10.1111/jpn.12360>
33. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México L. 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/221074/Ricinus_communis_final.pdf
34. Sequí-Canet J, Hernández Marco R, Tomás M, Genovés A, Collar JI, et al. Intoxicación por semilla de ricino: Presentación de 3 casos clínicos. *An Esp Pediatr*. 1994;41:412–4. https://www.researchgate.net/publication/305641169_Intoxicacion_por_semilla_de_ricino_presentacion_de_3_casos_clinicos
35. Knight B. Ricin—a potent homicidal poison. *Br Med J*. 1979;1(6159):350–1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/421122/>
36. Romanos A, Toledo F, Gómez Vázquez J, Guzmán J, Serrano ML, Velasco JM. Intoxicación por semillas de . *Rev Toxicol (Esp)*. 1983; 1:30–2. <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol21-23/revtox.21.2-3.2004.pdf>
37. Siroux V, Agier L, Slama R. The exposome concept: A challenge and a potential driver for environmental health research. *Eur Respir Rev*. 2016; 25(140):124–9. <https://doi.org/10.1183/16000617.0034-2016>
38. Vicente-Herrero M, Ramírez M, Capdevila L, Terradillos M, López-González Á, et al. Exposoma: Un nuevo concepto en Salud Laboral y Salud Pública. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab*. 2016; 25(3):176–83. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602016000300008
39. Ding E, Wang Y, Liu J, Li X, Zhang C. Una revisión sobre la aplicación del paradigma del exposoma para revelar los determinantes ambientales de las enfermedades relacionadas con la edad. *Hum Genomics*. 2022; 16:54. <https://doi.org/10.1186/s40246-022-00428-6>
40. Cope A, Dee J, Cannan R. Chemical warfare agents and related chemical problems—Part I: Summary technical report of Division 9. Washington DC: National Defense Research Committee; 1945. 179–203. <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD0234249.pdf>
41. Eitzen E, Pavlin J, Cieslak T. Medical Management of Biological Casualties Handbook. 3rd ed. Frederick, MD: USAMRIID; 1998. 101–6. https://tools.niehs.nih.gov/wetp/Docs/WMD/USAMRIID_bioterrormanual4_02.pdf

42. Kortepeter M, Parker G. Potential biological weapons threats. *Emerg Infect Dis*. 1999;5(4):523–7. <https://doi.org/10.3201/eid0504.990411>
43. Lord J, Roberts L, Robertus J. Ricin: Structure, mode of action, and some current applications. *FASEB J*. 1994; 8:201–8. <https://doi.org/10.1096/fasebj.8.2.8119491>
44. Doebler J, Wiltshire N, Mayer T, Estep J, Moeller R, Traub R, et al. The distribution of [125I] ricin in mice following aerosol inhalation exposure. *Toxicology*. 1995; 98(1-3):137–49. [https://doi.org/10.1016/0300-483x\(94\)02978-4](https://doi.org/10.1016/0300-483x(94)02978-4)
45. Roy C, Hale M, Hartings J. Impact of inhalation exposure modality and particle size on the respiratory deposition of ricin in BALB/c mice. *Inhal Toxicol*. 2003; 15:619–38. <https://doi.org/10.1080/08958370390205092>
46. Monseny A, Sánchez L, Soler A, de la Maza V, Cubells C. Poisonous plants: An ongoing problem. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2015; 85(2):347–53. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2014.08.008>
47. Bradberry S, Lord M, Rice P, Vale A. Ricin and abrin poisoning. En: *Chemical Warfare Agents: Toxicology and Treatment*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2007. p. 613–31. <https://doi.org/10.1002/9780470060032.ch27>
48. Brigotti M, Rambelli F, Zamboni M, Montanaro L, Sperti S. Effect of α -sarcin and ribosome-inactivating proteins on the interaction of elongation factors with ribosomes. *Biochem J*. 1989; 257(3):723–7. <https://doi.org/10.1042/bj2570723>
49. Stirpe F, Battelli M. Ribosome-inactivating proteins: Progress and problems. *Cell Mol Life Sci*. 2006; 63:1850–66. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00018-006-6078-7>
50. Walsh M, Dodd J, Hautbergue G. Ribosome-inactivating proteins: Potent poisons and molecular tools. *Virulence*. 2013; 4(8):774–84. <https://doi.org/10.4161/viru.26399>
51. Al-Tamimi F, Hegazi E. A case of castor bean poisoning. *Sultan Qaboos Univ Med J*. 2008;8:83–7. <https://doi.org/10.18295/2075-0528.2699>
52. Franke H, Scholl R, Aigner A. Ricin and in pharmacology and toxicology—from ancient use and “Papyrus Ebers” to modern perspectives and “poisonous plant of the year 2018.” *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*. 2019; 392:1181–208. <https://doi.org/10.1007/s00210-019-01691-6>
53. Aplin P, Eliseo T. Ingestion of castor oil plant seeds. *Med J Aust*. 1997;167(5):260–1. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1997.tb125050.x>
54. Challoner K, McCarron M. Castor bean intoxication. *Ann Emerg Med*. 1990;19(10):1177–83. [https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(05\)81525-2](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(05)81525-2)
55. Küçükugurluoglu Y, Karasalihoglu S, Vatansever U, Özkaya M. Castor oil plant seed poisoning. *Case Rep Clin Pract Rev*. 2005;6:55–7.
56. Day P, Pinheiro T, Roberts L, Lord J. Binding of ricin A-chain to negatively charged phospholipid vesicles leads to protein structural changes and destabilizes the lipid bilayer. *Biochemistry*. 2002; 41:2836–43. <https://doi.org/10.1021/bi012012i>
57. Flexner S. The histological changes produced by ricin and abrin intoxications. *J Exp Med*. 1897; 2(2):197–216. <https://doi.org/10.1084/jem.2.2.197>
58. Morlon-Guyot J, Helmy M, Lombard-Frasca S. Identification of the ricin lipase site and implication in cytotoxicity. *J Biol Chem*. 2003; 278:17006–11. <https://doi.org/10.1074/jbc.m209516200>
59. Olsnes S. The history of ricin, abrin and related toxins. *Toxicon*. 2004;44:361–70. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2004.05.003>
60. Balint G. Ricin: The toxic protein of castor oil seeds. *Toxicology*. 1974;2(1):77–102. [https://doi.org/10.1016/0300-483x\(74\)90044-4](https://doi.org/10.1016/0300-483x(74)90044-4)
61. Severino L, Auld D, Baldanzi M, Cândido M, Chen G, Crosby W, et al. A review on the challenges for increased production of castor. *Agron J*. 2012;104:853–80. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0210>
62. Thornton S, Darracq M, Lo J, Cantrell F. Ingestión de semillas de ricino: Experiencia de un sistema estatal de control de intoxicaciones. *Clin Toxicol*. 2014;52(4):265–8. <https://doi.org/10.3109/15563650.2014.892124>

63. Roy C, Song K, Sivasubramani S, Gardner D, Pincus S. Animal models of ricin toxicosis. *Curr Top Microbiol Immunol*. 2012; 357:243–57. https://doi.org/10.1007/82_2011_173
64. Roth L, Daunderer M, Kormann K. Giftpflanzen – Pflanzengifte. Vorkommen, Wirkung, Therapie. 5th ed. Landsberg: Ecomed Medizin; 2008.
65. Noumi Noumi LJ, El-Hanna S, Reine Sandrine Mendeuka NM, Moussavou G, Suchon P. Ricin intoxication by lethal dose of castor seeds ingestion: A case report. *J Med Case Rep*. 2024; 18:410. <https://doi.org/10.1186/s13256-024-04697-8>
66. Aggarwal R, Aggarwal H, Chugh P. Medical management of ricin poisoning. *J Med Allied Sci*. 2017; 7(2):82–6. <https://doi.org/10.5455/jmas.259532>
67. Pinillos M, Santiago Nogué Xarau X. Plantas tóxicas. Madrid: Ministerio de Sanidad; 2022. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/1_PlantasToxicas_libro.pdf
68. Franz D, Jaax N. Ricin toxin. En: Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR, editores. *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Washington DC: TMM Publications; 1997. p. 631–42. Disponible en: <https://medcoeckapwstorprd01.blob.core.usgovcloudapi.net/pfw-images/borden/chembio/Ch32.pdf>
69. He X, McMahon S, Henderson T, Griffey S, Cheng L. Ricin toxicokinetics and its sensitive detection in mouse sera or feces using immuno-PCR. *PLoS One*. 2010;5: e12858. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012858>
70. Crompton R, Gall D. Georgi Markov--death in a pellet. *Med Leg J*. 1980;48(2):51–62. <https://doi.org/10.1177/002581728004800203>
71. Papaloukas M, Papaloucas C, Stergioulas A. Ricin and the assassination of Georgi Markov. *Pak J Biol Sci*. 2008; 11:2370–1. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.2370.2371>
72. Centers for Disease Control and Prevention. Response to a ricin incident: Guidelines for federal, state, and local public health and medical officials (Rep. IPR 11740). Atlanta: CDC; 2006. https://www.awl.ch/heilpflanzen/ricinus_communis/CDC_ricin_protocol.pdf
73. Roxas-Duncan V, Smith L. Ricin perspective in bioterrorism. En: Morse S, editor. *Bioterrorism*. Rijeka: InTechOpen; 2012. <https://doi.org/10.5772/31624>
74. Zilinskas R. Iraq's biological weapons. *JAMA*. 1997; 278:418–24. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9244334/>
75. Kirby R. Ricin toxin: A military history. *CML Army Chem Rev*. 2004;PB 3–04:38–40.
76. Schieltz D, McGrath S, McWilliams L, Rees J, Bowen M, Kools J, et al. Analysis of active ricin and castor bean proteins in a ricin preparation, castor bean extract, and surface swabs from a public health investigation. *Forensic Sci Int*. 2011;209:70–9. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.12.013>
77. Moran G. Threats in bioterrorism. II: CDC category B and C agents. *Emerg Med Clin North Am*. 2002; 20:311–30.
78. Mayor S. UK doctors warned after ricin poison found in police raid. *BMJ*. 2003; 326:126. <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7381.126>
79. Bale J, Bhattacharjee A, Croddy E, Pilch R. Ricin found in London: An al-Qa'ida connection? Monterey (CA): Center for Nonproliferation Studies, CBW Nonproliferation Program; 2003. <http://cns.miis.edu/pubs/reports/ricin.htm>
80. Díaz-Brito Y, Pérez-Rivero J, Báez-Pupo F, Conde-Martín M. Generalidades sobre promoción y educación para la salud. *Rev Cubana Med Gen Integr*. 2012; 28(3):299–308. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252012000300009&lng=es&tlng=es
81. Van der Heide I, Wang J, Droomers M, Spreeuwenberg P, Rademakers J, Uiters E. The relationship between health, education, and health literacy: results from the Dutch Adult Literacy and Life Skills Survey. *J Health Commun*. 2013; 18 Suppl 1:172–84. <https://doi.org/10.1080/10810730.2013.825668>
82. Deguen S, Amuzu M, Simoncic V, Kihal-Talantikite W. Exposome and Social Vulnerability: An Overview of the Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(6):3534. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063534>

- 83.** Motairek I, Makhoul M, Rajagopalan S, Al-Kindi S. The exposome and cardiovascular health. *Can J Cardiol.* 2023; 39(9):1191–203. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2023.05.020>
- 84.** Landrigan P, Fuller R, Acosta N, Adeyi O, Arnold R, Basu N, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet.* 2018; 391(10119):462–512. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- 85.** Ocampo-Rivera D, Arango-Rojas M. La educación para la salud: “Concepto abstracto, práctica intangible”. *Rev Univ Salud.* 2016; 18(1):24–33. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072016000100004&lng=en&tlng=es
- 86.** Ojeda-Serna V, García-Ruiz R. Divulgación científica en YouTube en Latinoamérica. Estudio de Casos de universidades, museos y YouTubers. *Rev Eureka Ensen Divulg Cienc.* 2022; 19(2):2204. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i2.2204
- 87.** Perdomo B, Cortázar J. Divulgación científica en YouTube en países hispanoamericanos: Youtubers vs canales institucionales. *Rev Mediterránea Comun.* 2024; 15(1):79–95. <https://www.doi.org/10.14198/MEDCOM.25415>
- 88.** Buitrago Á, Martín García A, Beltrán-Flandoli A. De youtubers a cultubers: un fenómeno de divulgación académica, cultural y científica en YouTube. *Index Comun.* 2022; 12(2):55–77. <https://doi.org/10.33732/ixc/12/02Deyout>
- 89.** Richard E, Contreras Zapata D. Educación ambiental para el Tercer Milenio: Un enfoque epistemológico, pedagógico, legítimo y legal. La Paz: Instituto de Investigaciones Convenio Andrés Bello; 2012. 418. <https://bit.ly/36e09IO>
- 90.** Richard E, Contreras D. Pseudociencia y pseudoeducación: Una mirada crítica a la academia en tiempos de pandemia COVID19 (SarsCoV2) en Latinoamérica. En: Campechano Escalona E, Casalpud Canchala R, editores. Una mirada latinoamericana a la pandemia COVID-19: Reflexiones desde las ciencias sociales y las humanidades. Cali: Ed. Uniagustiniana; Piura: Univ. César Vallejo; 2021. 136–52. <https://doi.org/10.18050/miradacovid.art8>