

## CORRELACIÓN ENTRE RIESGO TOXICOLÓGICO CALCULADO Y RIESGO SANITARIO REAL EN POBLADORES DEL DISTRITO DE RIEGO 028

Oscar Jesús Romero-Oliva<sup>1,3</sup>  
Otilio Arturo Acevedo-Sandoval<sup>1</sup>  
Francisco Prieto-García<sup>1</sup>  
Juan Carlos Gaytán-Oyarzún<sup>1</sup>  
Claudia Romo-Gómez<sup>1</sup>  
Raquel Cariño Cortés<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Área Académica de Química. Doctorado en Ciencias Ambientales.  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Salud. Área Académica de Medicina. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

<sup>3</sup>Servicio de Terapia Intensiva. Hospital “Dra. Columba Rivera Osorio”, ISSSTE.

Correo-e: [oscar\\_romero@uaeh.edu.mx](mailto:oscar_romero@uaeh.edu.mx)

### RESUMEN

*Introducción:* Los suelos agrícolas del Distrito de Riego 028 (DR028), están contaminados con metales pesados, principalmente por el uso de aguas residuales para su riego. Los DR28 tienen una concentración media de 0.90 mg/kg de plomo en extracto de saturación, esto representa un riesgo de salud pública inminente, por los daños hematológicos y renales asociados a la exposición a este metal por vía oral y respiratoria. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la fiabilidad del cálculo del cociente de peligro por medio de una correlación de regresión lineal que compare dicha variable con un riesgo sanitario real (plumbemia), para aceptar o rechazar su uso en la gestión de riesgos. *Métodos y materiales:* Estudio correlacional y experimental, se calculó el riesgo toxicológico específico para 18 pobladores del DR028 (9 hombres y 9 mujeres), se tomaron muestras de sangre venosa periférica para determinar la concentración de plomo en sangre (plumbemia), por medio de voltamperometría de redisolución anódica. Se realizó una correlación de Pearson para identificar la concordancia de las variables. *Resultados:* El coeficiente de correlación calculado ( $r$ ), fue de: 0.96985, lo que indica una correlación positiva entre las variables, a mayor riesgo toxicológico individual calculado, hay mayor riesgo sanitario real (concentración de plomo en sangre). *Conclusión:* El método matemático propuesto por la OPS/OMS y la ATSDR de evaluación de riesgos por sustancias químicas puede ser un indicador fiable en la predicción y estimación de riesgos para la salud humana.

*Palabras clave:* Plumbemia, saturnismo, intoxicación por plomo, suelos contaminados, voltamperometría de redisolución anódica.

## ABSTRACT

*Introduction:* The agricultural soils of Irrigation District 028 (DR028) are contaminated with heavy metals, mainly due to the use of wastewater for irrigation. The mentioned soils have an average concentration of 0.90 mg/kg of lead in saturation extract, this represents an imminent public health risk, due to hematological and renal damage associated with exposure to this metal by oral and respiratory routes. The objective of this study was to evaluate the reliability of the calculation of the hazard quotient by means of a linear regression correlation that compares said variable with a real health risk (blood lead concentration), to accept or reject its use in risk management. *Methods and materials:* Correlational and experimental study, the specific toxicological risk was calculated for 18 residents of DR028 (9 men and 9 women), peripheral venous blood samples were taken to determine the concentration of lead in blood, by means of anodic stripping voltammetry. A Pearson correlation was performed to identify the concordance of the variables. *Results:* The calculated correlation coefficient ( $r$ ) was: 0.96985, which indicates a positive correlation between the variables, the higher the calculated individual toxicological risk, the higher the real health risk (lead concentration in blood). *Conclusion:* The mathematical method proposed by PAHO/WHO and ATSDR for risk assessment for chemical substances can be a reliable indicator in the prediction and estimation of risks to human health.

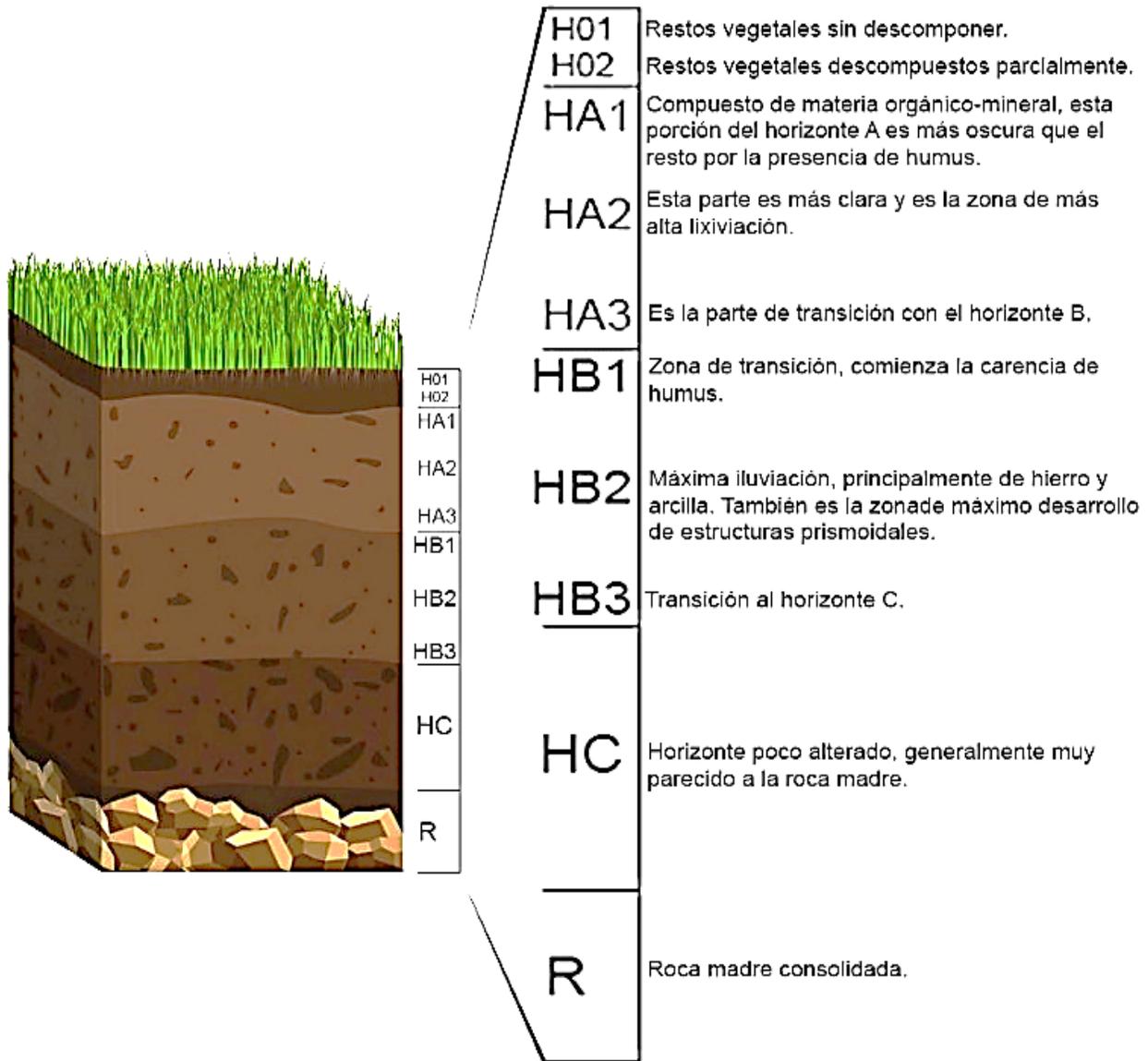
*Key words:* Saturnism, lead poisoning, contaminated soil, anodic stripping voltammetry.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema trifásico y heterogéneo, donde existen productos orgánicos y minerales que constituyen ambientes de gran valor para el hombre, los animales y las plantas, éstos últimos nacen, crecen, se reproducen y mueren directa o indirectamente en ellos (Zúñiga *et al.*, 2018). La formación del suelo comienza con la desintegración de una roca madre (roca ígnea, sedimentaria o metamórfica) expuesta en la superficie de la corteza terrestre. Se da por fenómenos físicos y químicos derivados principalmente exposición solar, actividad orgánica, corrientes de agua fluvial y fuerzas eólicas (SSSA, 2021). Durante un largo periodo de tiempo, se van formando capas u horizontes (Figura 1). En México existe una gran diversidad de suelos debida al amplio gradiente altitudinal (0-5, 600 msnm), a la presencia de cuatro tipos de

clima según la clasificación de Köppen y a la enorme diversidad paisajística del territorio (INEGI, 2021). Uno de los problemas actuales en el país, es la contaminación de suelos por el riego con aguas residuales.

FIGURA 1. HORIZONTES DEL SUELO

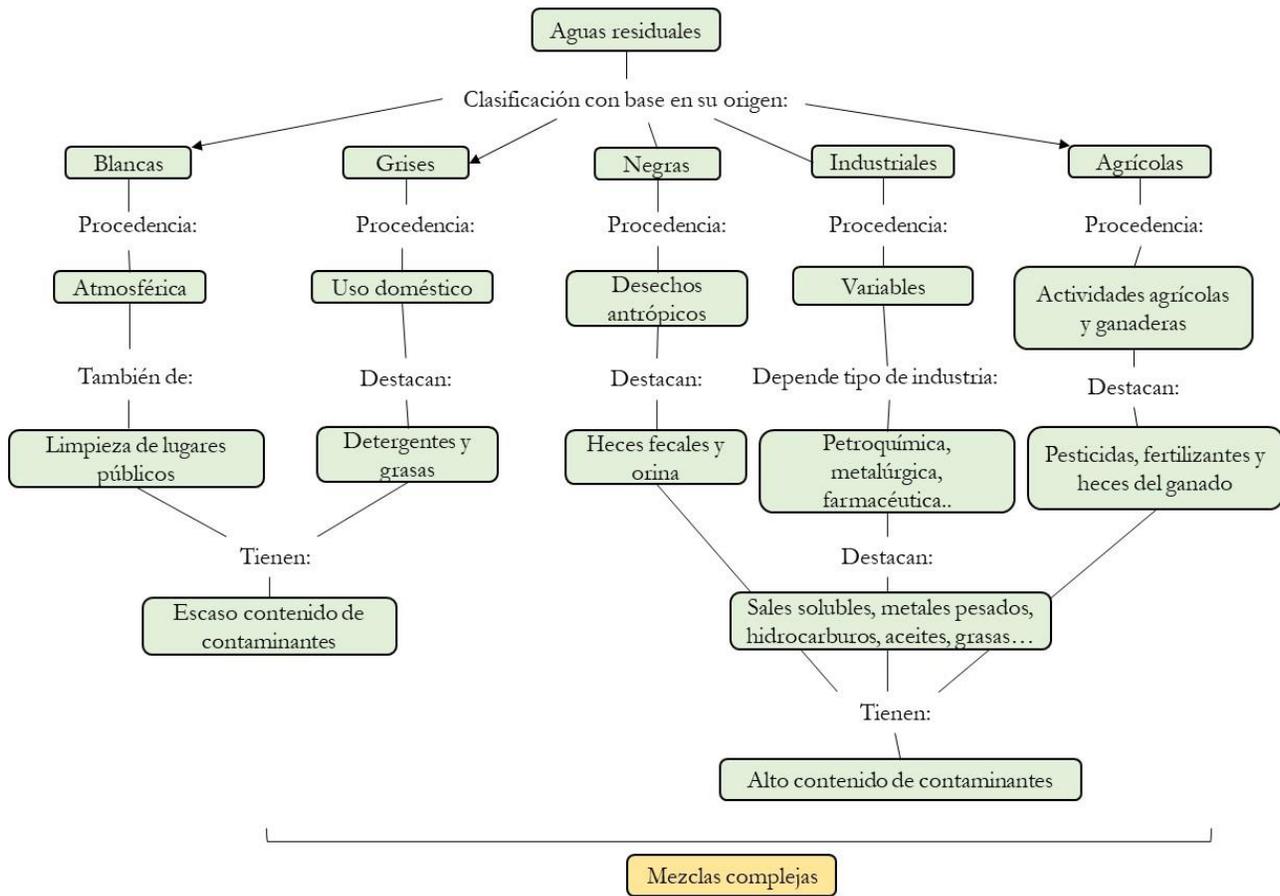


FUENTE: (GARCÍA Y NAVARRO, 2013).

Las aguas residuales son cuerpos hídricos contaminados principalmente por actividades antrópicas, tienen altos contenidos de microorganismos, diversos elementos y sustancias químicas, por ello, representan un

riesgo ambiental (Hernández *et al.*, 2017). Se clasifican en cinco grupos dependiendo de su origen (Figura 2): Blancas, grises, negras, industriales y agrícolas. Las denominadas aguas negras son de origen doméstico, predominan desechos biológicos (heces y orina), detergentes y grasas (Ramalho, 2021). Las aguas blancas provienen de lluvia, nieve o hielo, además de la limpieza de lugares públicos, también se conocen como aguas grises, puesto que se contaminan a lo largo de la urbe. Las aguas industriales y agrícolas proceden de procesos industriales y de labores de riego agrícola respectivamente. Estas contienen principalmente aceites, detergentes, metales pesados, pesticidas y fármacos (Robledo *et al.*, 2017). En la república mexicana, parte de las aguas residuales, se emplean como fuente de riego agrícola en los denominados: distritos de riego (dr).

FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEPENDIENDO SU ORIGEN



FUENTE: ELABORADA EN CMAPTOOLS, A PARTIR DE RAMALHO (2021).

Los DR son sistemas de irrigación con fines agrícolas, constituidos en gran medida por aguas residuales (Ley de Aguas Nacionales, Artículo 3, Fracción XXV. a.). En todo el país existen un total de 86 distritos, los cuales

abarcan 3.3 millones de hectáreas regadas. Particularmente el DR028 se encuentra en Tulancingo, Hidalgo, México. La cosecha anual se aproxima a 850 ha, se cultiva avena forrajera verde, maíz, alfalfa y trébol verde (Torres *et al.*, 2020).

En la región del DR028, los niveles de contaminantes se han elevado de manera exponencial, principalmente por la actividad minera, industrial y agropecuaria. Derivado de dichas actividades, se liberan al ambiente bastantes metales pesados, que se incorporan al aire, suelos y cuerpos hídricos, posteriormente llegan a vegetales, animales y alimentos en general. Esto representa un riesgo potencial de salud pública y ambiental (Castebianco, 2018). Algunos metales son perjudiciales, sin embargo, en la dieta son fundamentales, ya que su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud. Los humanos requieren de cobalto, cobre, hierro, molibdeno, magnesio, zinc, etc. En cambio, existen otros metales que no cumplen una función fisiológica o metabólica, por ende, alteran el funcionamiento del sistema (Xiaolu *et al.*, 2018). Se ha comprobado que algunos metales pesados pueden causar cáncer en diferentes órganos humanos, como el Cadmio, Níquel y Plomo. A causa de esto, han sido documentados y monitoreados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos Americanos (Zarei *et al.*, 2014).

El plomo es un elemento químico que causa efectos tóxicos en los organismos, además es un elemento metálico presente p en el agua, en el suelo, en cultivos o en el aire, como resultado de la industrialización (García *et al.*, 2020). Este metal se bioacumula en diversos tejidos vegetales y animales, posteriormente por las redes tróficas se biomagnifica (Halliwell *et al.*, 2000; Romero-Oliva *et al.*, 2023; Romero-Oliva *et al.*, 2020). La vía de contacto más importante para este metal es la respiratoria, donde más del 50 por ciento del plomo inhalado se hace sistémico, la vía oral transfiere a la sangre aproximadamente el 5-10 por ciento del plomo ingerido, finalmente, la vía cutánea es impermeable para este elemento. El plomo se excreta en mayor a través de la orina, en menor proporción se elimina por heces fecales y solamente una pequeña porción es eliminada por bilis, saliva, sudor y leche materna (Romero-Oliva *et al.*, 2022). Hay poca evidencia un efecto carcinogénico del plomo y sus compuestos inorgánicos en los humanos (Charkiewicz y Backstrand, 2020).

### *Evaluación de Riesgos Toxicológicos*

En materia de evaluación de riesgos químicos, existen dos conceptos fundamentales, cociente de peligro (HQ por sus siglas en inglés Hazard Quotient) y cociente de riesgo (RQ por sus siglas en inglés Risk Quotient). Estos términos los utilizan las autoridades reguladoras, como la EPA de E.U.A., para describir la

categoría de riesgo de una sustancia o elemento químico y ambos pueden ser calculados con metodologías matemáticas relativamente sencillas (Bleam, 2016).

Aunque existen varias diferencias puntuales entre ambos conceptos, de manera general, se puede resumir que RQ se enfoca en evaluar riesgos ecológicos mientras que HQ enfatiza en evaluar riesgos a la salud humana (Cockerman y Shane, 2019). Por la traducción de textos científicos del español al inglés, es común encontrar una mezcla indiferente de estos términos en trabajos científicos, sin embargo, como se abordó anteriormente, en el estricto sentido de la palabra son distintos. El término Hazard Quotient se traduce como Cociente de Riesgo atendiendo a la gramática correcta del idioma inglés, no obstante, para evitar confusiones, en el presente trabajo se manejará este concepto como: Cociente de Peligro (CP). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la fiabilidad del cálculo del cociente de peligro por medio de una correlación de regresión lineal que compare dicha variable con un riesgo sanitario real (nivel de plomo en sangre) para aceptar o rechazar su uso en la gestión de riesgos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Zona de estudio y selección de participantes*

Tipo de estudio correlacional y experimental. La zona de muestreo fue San Nicolás Cebolletas (Tulancingo, Hidalgo, México). Con base en los datos estadísticos tomados del catálogo de localidades de SEDESOL (2020), el número total de habitantes de esta localidad es de 752. El lugar específico de estudio tiene una población total de 36 personas distribuidas en 7 familias (datos obtenidos a partir de encuestas de campo). La selección de los sujetos de investigación fue a conveniencia bajo una proporción 1:1 entre hombres y mujeres, de rango de edad 19 a 40 años.

Como criterios de inclusión: adulto entre 19 a 40 años, no fumador frecuente, que no trabaje como pintor, soldador o en áreas de minería; como criterios de exclusión: menores de 19 años, mayores de 40 años, fumadores frecuentes, pintores, soldadores o mineros. Aplicando los criterios de inclusión y la ecuación para el cálculo de muestras finitas significativas modificada de Rendón-Macías y Villasís-Keever (2017) (Ec. 1), el número total de participantes para este estudio fue de 18, divididos en 9 hombres y 9 mujeres adultas.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \text{ (Ec.1)}$$

Dónde:  $n$  es el tamaño de la muestra a tomar;  $p$  la probabilidad a favor;  $q$  la probabilidad en contra;  $Z$  el nivel de confianza;  $N$  como universo o población total y  $e$  representa el nivel de error de estimación

#### *Coficiente de peligro*

Para la evaluación de riesgo toxicológico por plomo, se realizó la metodología propuesta por la OPS/OMS (2017), la cual se basa en calcular un Cociente de Peligro (Ec.2), el cual se interpreta:  $>1$  Riesgo aceptable/ $<1$  Riesgo inaceptable (Olórtegui *et al.*, 2020).

$$CP = \frac{\text{Dosis de Exposición}}{\text{Dosis de Referencia}} \text{ (Ec. 2)}$$

Para el cálculo de la Dosis de Exposición se empleó la siguiente fórmula (ATSDR, 2008):

$$DE = \frac{C \times TI \times FE}{PC} \text{ (Ec. 3)}$$

En donde:

- DE: Dosis de Exposición (mg/kg/día)
- C: Concentración del Contaminante (mg/kg)
- TI: Tasa de Ingesta (mg/día)
- FE: Factor de Exposición
- PC: Peso Corporal (kg)

C: El plomo es un agente contaminante de suelos presente en parcelas del DR028 en una concentración media de 0.90 mg/kg (Romero-Oliva *et al.*, 2023).

TI: Es un valor estimado propuesto por diversas agencias de monitoreo ambiental de sustancias tóxicas. En este estudio en particular la TI para plomo fue de 30 µg/día.

FE: Cuando la exposición es diaria, el FE es igual a 1.

PC: Es una constante propuesta por la ATSDR, siendo 70 kg en adultos y 16 kg para niños. Sin embargo, esta variable se modificó con la antropometría de cada participante en el estudio para calcular un riesgo individual.

Dosis de Referencia: Para plomo es de  $1.4 \times 10^{-4}$  y está dada por el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Qu et al., 2012).

#### *Determinación de plumbemia*

Previo a la toma de muestras, se informó a los participantes que estuvieran en ayuno de 8-12 horas, las muestras sanguíneas se obtuvieron por medio de venopunción con presión negativa (Vacutainer™), en las venas medianas cefálica y/o basílica del brazo izquierdo (NOM-022-SSA3-2012). Se monitoreó que los tubos de recolección empleados (tubos con tapa amarilla) tuvieran las siguientes características: coagulante rociado uniformemente en la superficie interna (esto permitió acortar bastante el tiempo de coagulación); gel separador que cambie a estado sólido posterior a la centrifugación (esto permitió separar completamente el suero del plasma sanguíneo y actuando a la vez como barrera); tiempo de caducidad del lote óptimo (esto garantizó que la muestra se pudo mantener durante más de 48 horas sin producir ningún cambio significativo a nivel bioquímico).

Una vez obtenidas las muestras, se almacenaron en un termo con congelantes, siguiendo la correcta metodología de red de frío para ser trasladadas al laboratorio clínico. El tiempo entre la toma y el procesamiento de muestra no fue mayor a 5 horas. Se tomaron y procesaron un total de 2 muestras por semana, durante el periodo septiembre-diciembre 2022 en el Laboratorio Clínico del Hospital Dra. Columba Rivera Osorio (ISSSTE) con el método analítico voltamperometría de redisolución anódica (Romero-Oliva et al., 2023).

#### *Análisis estadístico*

Para determinar si existe correlación entre las variables cuantitativas de riesgo toxicológico calculado con respecto al riesgo sanitario real (plumbemia), se calculó la ecuación lineal entre la variable  $x$  y la variable  $y$  (Ec. 4, 5 y 6), así como el coeficiente de correlación de Pearson (Ec. 7) con las siguientes ecuaciones:

$$y = ax + b \quad (\text{Ec.4})$$

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (\text{Ec.5})$$

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n} \quad (\text{Ec.6})$$

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2} \sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \quad (\text{Ec.7})$$

## RESULTADOS

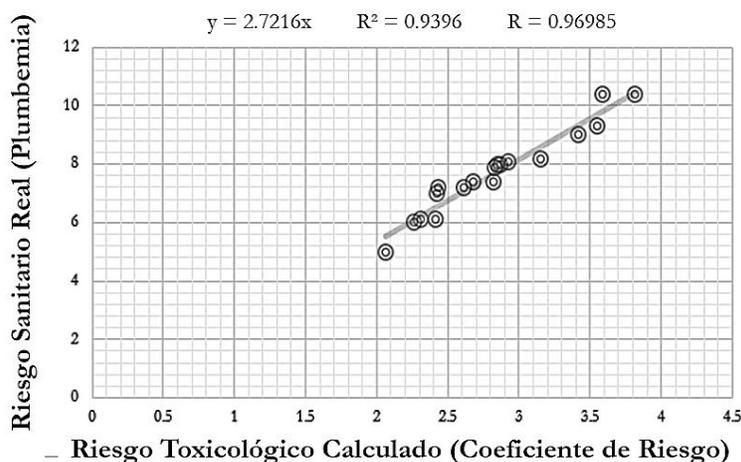
Se observó una fuerte correlación positiva entre el riesgo toxicológico calculado (CP) y el riesgo sanitario real ( $r = 0.96985$ ). Si incrementa el CP, aumentan también los niveles de plomo en sangre. Esto representa un hallazgo importante, ya que el método matemático de evaluación de riesgos se apega a la realidad clínica (Tabla 1 y Figura 3).

TABLA 1. MATRIZ DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PELIGRO Y LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE DE LOS HABITANTES DEL DR028

CONCENTRACIÓN DE PLOMO (MG/KG)	TASA DE INGESTA (MG/DÍA)	FACTOR DE EXPOSICIÓN	PESO CORPORAL (KG)	DOSIS DE REFERENCIA	DOSIS DE EXPOSICIÓN	RIESGO TOXICOLÓGICO CALCULADO (CP)	RIESGO SANITARIO REAL (PLUMBEMIA μG/DL)
0.9	0.03	1	93.4	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00028908	2.064851637	5.0
0.9	0.03	1	85.4	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00031616	2.258280361	6.0
0.9	0.03	1	83.4	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00032374	2.312435766	6.1
0.9	0.03	1	80	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.0003375	2.410714286	6.1
0.9	0.03	1	79.6	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.0003392	2.422828428	7.0
0.9	0.03	1	79.3	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00034048	2.431994235	7.2
0.9	0.03	1	73.9	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00036536	2.609704234	7.2
0.9	0.03	1	72	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.000375	2.678571429	7.4
0.9	0.03	1	68.3	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00039531	2.823677055	7.4
0.9	0.03	1	68.1	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00039648	2.831969792	7.9
0.9	0.03	1	67.6	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00039941	2.852916314	8.0
0.9	0.03	1	67.2	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00040179	2.869897959	8.0
0.9	0.03	1	66	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00040909	2.922077922	8.1
0.9	0.03	1	61.1	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.0004419	3.15641805	8.2
0.9	0.03	1	56.4	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00047872	3.419452888	9.0
0.9	0.03	1	54.4	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00049632	3.545168067	9.3
0.9	0.03	1	53.7	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.00050279	3.591380686	10.4
0.9	0.03	1	50.6	1.4x10 <sup>-4</sup>	0.0005336	3.811405985	10.4

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

FIGURA 3. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL ENTRE RIESGO SANITARIO REAL Y RIESGO TOXICOLÓGICO CALCULADO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## DISCUSIÓN

La naturaleza propia del ámbito científico es compleja, para explicar algún fenómeno, se precisa de experimentación en la mayoría de los casos. Existen modelos matemáticos para poder explicar fenómenos naturales y complejos, estos modelos son generalmente representaciones simplificadas por medio de ecuaciones, funciones o fórmulas, con la finalidad de buscar relaciones, cualidades y estructuras, sin necesidad de experimentar. Los modelos matemáticos son tan complejos y diversos que incluso hay una rama extensa de la matemática que propone y analiza dichos modelos. En medicina, química y biología, también existen muchos modelos matemáticos para explicar fenómenos puntuales (Ramos *et al.*, 2010).

Propiamente en toxicología ambiental existe un modelo empleado internacionalmente para calcular si una sustancia o elemento químico puede o no poner en riesgo la salud humana o ecosistémica (Bleam, 2016). Este modelo reduce costos monetarios al ser simple y con pocos requisitos experimentales (solamente necesita la concentración del contaminante estudiado en la matriz estudiada), sin embargo, cualquier modelo matemático puede fallar o ser poco extrapolable a la realidad, especialmente cuando se habla de contextos con múltiples variables como los observados en las ciencias químicas, biológicas y de la salud (Gozalbes, 2014).

De acuerdo con Bleam (2016), las fórmulas matemáticas de evaluación de riesgo no tienen cambios significativos si se calculan para matrices ambientales como agua, aire o suelo, esto es una clara limitante de

las mismas, ya que las rutas de exposición para los diversos contaminantes fundamentan su importancia en el porcentaje de ingreso por vía. Por las limitantes mencionadas anteriormente y por el principio de variabilidad biológica, en muchos casos se ha llegado a dudar sobre la certeza y aplicabilidad de este modelo de evaluación de riesgos por sustancias químicas.

## CONCLUSIÓN

La metodología propuesta por la OPS/OMS/ATSDR para calcular matemáticamente un riesgo por exposición a una sustancia/elemento químico, específicamente plomo, es extrapolable a la realidad sanitaria (clínica), ya que existe una fuerte correlación positiva entre el Coeficiente de Peligro calculado y la cantidad de plomo en sangre. Es necesario realizar más estudios de este tipo para observar cómo se comporta esta metodología matemática con otras sustancias químicas y en otras matrices ambientales. Al ampliar la información referente a este modelo, se podría crear un programa predictivo y aplicable en materia de toxicología clínica.

## REFERENCIAS

- ATSDR. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. (2008). Evaluación toxicológica. Consultado en abril 2022, de Government of United States Sitio web:  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/pha\\_professional2/module3/sv7.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/pha_professional2/module3/sv7.html)
- BLEAM, W. F. (2017). Soil and environmental chemistry. Academic Press.
- CASTEBLANCO, J. A. (2018). Heavy metals remediation with potential application in cocoa cultivation. *Revista de Ciencias de la Vida* 27(1):21-35.
- CHARKIEWICZ A. E., Y BACKSTRAND J. R. (2020). Lead Toxicity and Pollution in Poland. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 4385; doi: 10.3390/ijerph17124385
- GARCÍA G., CEBRIÁN A., FARIAS P., ROJAS L., SANTOS C. (2020). Protocolo para el manejo clínico de la intoxicación por plomo en población de menores de 15 años, las mujeres embarazadas y en período de lactancia. Consejo de salubridad general. México.
- GOZALBES, R., DE JULIÁN-ORTIZ, J. V., Y FITO-LÓPEZ, C. (2014). Métodos computacionales en toxicología predictiva: aplicación a la reducción de ensayos con animales en el contexto de la legislación comunitaria REACH. *Revista de Toxicología*, 31(2), 157-167.

- HERNÁNDEZ GARCÍA, H., BUITRÓN MÉNDEZ, G., M LOPEZ-VAZQUEZ, C., & J CERVANTES CARRILLO, F. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño. IWA publishing.
- INEGI. Aspectos generales del territorio mexicano. (2021). Recursos naturales. Edafología. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx>. Fecha de consulta: febrero de 2021.
- LEY DE AGUAS NACIONALES. (1992). Última Reforma DOF 06-01-2020. Consultado en abril 2022, de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión Sitio Web: [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\\_060120.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf)
- OLÓRTEGUI, D., YNOCENTE, C., GARCÍA, M., & MARÍN, G. (2020). Evaluación del riesgo toxicológico por exposición a plomo y cadmio en suelos de los alrededores del Parque Industrial Infantas, Los Olivos. *Ciencia e Investigación*, 23(2), 9-13.
- RAMOS, A., SÁNCHEZ, P., FERRER, J. M., BARQUÍN, J., & LINARES, P. (2010). Modelos matemáticos de optimización. *Publicación Técnica*, 1.
- RAMALHO, R. S. (2021). Tratamiento de aguas residuales. Faculty of Science and Engineering, laval University, Quebec, Canadá. Editorial Reverté S. A.
- ROMERO-OLIVA, O. J., PRIETO-GARCÍA F. Y PRIETO-MÉNDEZ J. (2020). La Técnica de Diafanización y Tinción Optimizada, como Herramienta para Estudios Ecotoxicológicos en Actinopterigios. *Memorias del 4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria (IPN México)*, 1, 71-76.
- ROMERO-OLIVA, O. J., GARCÍA, F. P., & MÉNDEZ, J. P. (2022). Modelo de Virginia Henderson específico para pacientes adultos intoxicados con plomo. *IBN SINA*, 13(1), 14-14.
- ROMERO-OLIVA, O. J., ACEVEDO-SANDOVAL, O. A., PRIETO-GARCÍA, F., & PRIETO-MÉNDEZ, J. (2023). Riesgo toxicológico por plomo, cadmio y manganeso en suelos del DR028, Tulancingo, Hidalgo, México. *IBN SINA*, 13(4), 12-12.
- ROMERO-OLIVA, O. J. (2023). Revisión del crecimiento poblacional humano y sus tendencias. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3*, 10(19), 41-43.
- ROMERO-OLIVA, O. J. (2023). Niveles de Organización Biológica. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3*, 10(19), 74-76.
- ROBLEDO ZACARÍAS, V. H., VELÁZQUEZ MACHUCA, M. A., MONTAÑEZ SOTO, J. L., PIMENTEL EQUIHUA, J. L., VALLEJO CARDONA, A. A., LÓPEZ CALVILLO, M. D., & VENEGAS GONZÁLEZ, J. (2017). Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(2), 221-235.
- SSSA. Glossary of Soil Science Terms. (2021). Disponible en: [www.soils.org](http://www.soils.org). Fecha de consulta: mayo de 2021.
- TORRES SUÁREZ, S. L., TIJERINA CHÁVEZ, L., IBÁÑEZ CASTILLO, L. A., & BAUTISTA HERNÁNDEZ, M. (2020). Optimización de recursos en la producción de forrajes distrito de riego 028 Tulancingo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(SPE24), 153-163.



- XIAOLU YAN, MIAO LIU, JINGQIU ZHONG, JINTING GUO AND WEN WU. (2018). How Human Activities Affect Heavy Metal Contamination of Soil and Sediment in a Long-Term Reclaimed Area of the Liaohe River Delta, North China. *Sustainability* 2018, 10, 338; doi:10.3390/su10020338
- ZAREI, I.; POURKHABBAZ, A.; KHUZESTANI, R.B. (2014). An assessment of metal contamination risk in sediments of Hara Biosphere Reserve, southern Iran with a focus on application of pollution indicators. *Environ. Monit. Assess.* 186, 6047–6060.
- ZÚÑIGA, F.; HUERTAS, J.; GUERRERO, G.; SARASTY, J.; DÖRNER, J.; BURBANO, H. (2018). Soil morphological properties related to Páramo ecosystems in Nariño, Southern Colombia. *Terra Latinoamericana* 36: 183-196. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i2.363>.