



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2024; 15:1-12. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2024.1>

Nota de Investigación. Recibido:31/05/2023. Aceptado:13/12/2023. Publicado:16/01/2024. Clave: e2023-16.

<https://www.youtube.com/watch?v=EQk9KZbxaVI&t=32s>

Plaguicidas detectados en suelo de colonias de *Cynomys mexicanus* en San Luis Potosí y Zacatecas, México

Quantification of pesticide residues in soil of *Cynomys mexicanus* habitat in San Luis Potosi and Zacatecas, Mexico



Cano-García Arely^{ID}, Cerna-Chávez Ernesto*^{ID}, Ceballos-Ceballos Augusto^{ID},
Ochoa-Fuentes Yisa^{ID}

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología Agrícola, Saltillo, Coahuila, México. *Autor de correspondencia: Ernesto Cerna Chávez, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología Agrícola, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista; C.P. 25315; Saltillo, Coahuila, México. E-mail: biologia.fac@outlook.com, jabaly1@yahoo.com, ceballos_91@outlook.com, yisa8a@yahoo.com

RESUMEN

El perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*) es un roedor endémico de los pastizales del Norte de México, considerada una especie clave para el mantenimiento de su ecosistema. La principal problemática a la que enfrenta es el aumento de la frontera agrícola, por lo que se encuentra en constante exposición a productos químicos utilizados en zonas de cultivo cercanas, como los plaguicidas. El objetivo de este estudio fue detectar y cuantificar residuos de plaguicidas en muestras de suelo de colonias de *C. mexicanus* de los estados de Zacatecas y San Luis Potosí. Se analizaron un total de 5 muestras de suelo y se analizaron por medio de la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC). Se detectaron ocho plaguicidas presentes en el 100% de las muestras analizadas, de los cuales el glifosato y el metamidofos tuvieron concentraciones mayores, de hasta 5.5 mg/g y 4.8 mg/g respectivamente. Los resultados muestran que en el suelo se encuentran altas concentraciones de los plaguicidas mencionados comparadas con las detectadas en otros estudios y mayores a la DL₅₀ establecida para ambos. Por lo que el suelo es una fuente de exposición importante y medio para la entrada hacia el organismo de *C. mexicanus*.

Palabras clave: suelo, plaguicidas, *Cynomys mexicanus*, cromatografía líquida de alta eficiencia, glifosato.

ABSTRACT

The prairie dog (*Cynomys mexicanus*) is an endemic rodent of the grasslands of northern Mexico, considered a keystone species for the maintenance of its ecosystem. The main problem it faces is the increase in the agricultural frontier, which means that it is constantly exposed to chemical products used in nearby farming areas, such as pesticides. The objective of this study was to detect and quantify pesticide residues in soil samples of *C. mexicanus* colonies from the states of Zacatecas and San Luis Potosí. A total of 5 soil samples were analyzed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Eight pesticides were detected in 100% of the samples analyzed, of which glyphosate and methamidophos had higher concentrations, up to 5.5 mg/g and 4.8 mg/g respectively. The results show that high concentrations of the mentioned pesticides are found in the soil compared to those detected in other studies and higher than the DL₅₀ established for both. Therefore, soil is an important source of exposure and means of entry into the organism of *C. mexicanus*.

Keywords: soil, pesticides, *Cynomys mexicanus*, high efficiency liquid chromatography, glyphosate.



INTRODUCCIÓN

El consumo de plaguicidas en México ha aumentado drásticamente, entre los años 2000 y 2016 aumentó entre 57-65%, para el año 2017 se calcula que se produjeron más de 106 000 toneladas de plaguicidas, siendo los fungicidas los de mayor producción, seguido de los insecticidas y por último los herbicidas (Moo-Muñoz *et al.*, 2020). El aumento en la demanda de estos productos han provocado su producción masiva, refleja el uso en exceso por parte de los productores, provocando la contaminación de los ecosistemas cercanos (Blanco *et al.*, 2020). Los plaguicidas de acuerdo con su composición química mantienen ciertas propiedades como la persistencia, bioacumulación y biomagnificación, toxicidad y volatilidad. Debido a esto pueden transportarse a sitios distintos a los de su aplicación y pueden permanecer presentes en suelo, cuerpos de agua, pueden bioacumularse en plantas y en los tejidos de los animales y pueden biomagnificarse por medio de la cadena alimentaria (Cantú *et al.*, 2019; Flores *et al.*, 2018; García *et al.*, 2018).

Al tener la capacidad de acumularse en el organismos de los animales, los plaguicidas pueden causar daños en sus funciones como la termorregulación, el comportamiento (forrajeo), la capacidad de aprendizaje y reproducción, principalmente en aves y mamíferos (Chi-Coyoc *et al.*, 2016). Además puede suprimir el sistema inmune, provocar malformaciones en los fetos, provocar disrupción endócrina y puede llegar a provocar la muerte en caso de intoxicaciones agudas (Blanco *et al.*, 2020). Por otro lado puede causar un impacto en la dinámica poblacional, ya que la alteración de los procesos mencionados llegan a reducir las tasas de sobrevivencia, disminuyendo así las poblaciones de fauna silvestre (Badii *et al.*, 2006). Existe evidencia de la presencia de plaguicidas en animales, se han encontrado residuos de DDT en tejidos de ballenas, delfines y lobos marinos. En huevos de tortugas y sangre de cocodrilo se ha detectado dieldrín, en plumas y huevos de aves se ha detectado DDE, Σ HCH y Σ endosulfán (García *et al.*, 2018). En algunos mamíferos pequeños como los ratones se han detectado organoclorados como el DDT (Chi-Coyoc *et al.*, 2016).

Uno de los animales que se encuentran en contacto directo con los plaguicidas es el perrito de pradera mexicano (*Cynomys mexicanus*), es un roedor diurno característico de los pastizales, es endémico del norte de México y se encuentra en peligro de extinción de acuerdo con la NOM059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

El perrito de la pradera mexicano se considera una especie clave para el mantenimiento de su ecosistema ya que aporta distintos beneficios en su hábitat. Por medio de la construcción de sus madrigueras aumentan la capacidad de infiltración del agua, la oxigenación y la incorporación de la materia orgánica, mantienen la altura de la vegetación propicia para otras especies de pastizal como las aves. Actualmente las poblaciones se encuentran amenazadas debido al aumento de la frontera agrícola, el área de distribución ha disminuido drásticamente hasta un 73% en comparación de su



distribución histórica (SEMARNAT, 2018). La distribución de esta especie se encuentra restringida a un área donde convergen los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Los estados de San Luis y Zacatecas son los que cuentan con un menor número de colonias, hasta el 2008 se reportaban 12 colonias activas en San Luis Potosí y en Zacatecas se consideraba extinta, pero se reintrodujo y actualmente se encuentra una colonia activa (Carrera, 2008; Medellín & Bárcenas, 2021). Debido a que las colonias se encuentran frecuentemente cercanas a las zonas de cultivo resulta de gran importancia detectar si en el suelo donde se encuentran sus madrigueras hay presencia de plaguicidas así como determinar la concentración de la sustancia, con el fin de analizar si se puede considerar como un factor para la disminución de las poblaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en mayo de 2022, de acuerdo a la ubicación de las colonias de los estados de Zacatecas y San Luis Potosí (Carrera, 2008), se determinaron dos puntos de muestreo en el estado de Zacatecas en el ejido Tanque Nuevo, se tomó como referencia los reportes de PROFUAUNA A.C. para la ubicación ya que en este estado la especie ya se consideraba extinta, el muestreo se realizó en una colonia de reciente reintroducción. Para San Luis Potosí se muestrearon tres colonias ubicadas dentro del municipio de Vanegas, dos en la localidad de El Gallo y una en la localidad de Vanegas (Tabla 1). Debido a que la mayoría de las colonias de San Luis Potosí se encuentran dentro de ranchos privados, no fue posible tener acceso a todas las colonias, se tienen reportadas un total de 12 colonias en el estado (Carrera, 2008; Medellín & Bárcenas, 2021).

Tabla 1. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de suelo, en colonias de perrito de la pradera mexicano en los estados de Zacatecas y San Luis

Estado	Muestra	X	Y
Zacatecas	M1 Tanque Nuevo	290829.25	2698473.02
Zacatecas	M2 Tanque Nuevo	290985.00	2696484
San Luis Potosí	M1 Gallo1	306681.8	2679409.4
San Luis Potosí	M2 Gallo 2	306715.1	2677716.5
San Luis Potosí	M3 Vanegas	304362.04	2650102.45

Las muestras de suelo se colectaron de acuerdo con la metodología que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-105-1988 para el análisis de plaguicidas en suelo. Para ello se tomaron submuestras de aproximadamente 100 g. de suelo dentro de las colonias, se empleó en forma de zigzag tratando de abarcar la mayor área posible (DOF, 1988).



Cabe aclarar que las muestras fueron tomadas de los montículos de las madrigueras y del suelo suelto que había dentro, siempre cuidando de no destruir los montículos que tienen una función de vigilancia para los individuos para no generar impactos en el hábitat.

La elección de los plaguicidas a identificar se realizó por medio de la revisión de literatura y se eligieron ocho plaguicidas (clorpirifos, metamidofos, glifosato, endosulfán, imidacloprid, deltametrina y metomilo), abarcando compuestos organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretroides. Estos plaguicidas son utilizados regularmente en cultivos de maíz, jitomate y papa, cultivos presentes en las zonas de estudio (Flores *et al.*, 2018).

Para la extracción de los plaguicidas se utilizó la técnica Soxhlet (Maldonado, 2021), para ello se emplearon 15 g. de suelo y 180 ml de hexano como disolvente, dejando pasar 5 ciclos por cada extracción. El producto final se llevó a evaporación total, reconstituyendo con agua destilada para su posterior análisis.

Para la identificación y cuantificación se realizó una curva de calibración para cada plaguicida y se prepararon seis diluciones estándares con concentraciones de entre 0.001mg/mL hasta los 0.5 mg/mL en agua destilada. Estas diluciones fueron inyectadas al HPLC y los valores del área se graficaron para determinar la ecuación de la recta y determinar el coeficiente de determinación. Con estos valores se realizó la cuantificación de los plaguicidas detectados en las muestras.

Para la detección y cuantificación de plaguicidas, se utilizó la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) mediante un equipo HPLC marca Agilent modelo 1100 Series detector UV-Vis, con columna Agilent Varían Pursuit de 5 mm de diámetro, 150 mm de longitud y 4.6 mm de diámetro de partícula a una temperatura de 25.5 °C. Se utilizó Acetonitrilo (A) y Agua grado HPLC (B), a una velocidad del flujo que se mantuvo en 0.5 mL/min a un volumen de inyección de 20 µL. La detección se realizó a una longitud de onda de 234 nm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron residuos de plaguicidas en el total de las muestras analizadas de los estados de Zacatecas y San Luis potosí. Para Zacatecas el glifosato se detectó en concentraciones más altas a comparación de los otros plaguicidas detectados, con valores de 5.3 mg/g y 5.4 mg/g. Para el estado de San Luis Potosí también se detectó en mayor concentración el glifosato, con valores de entre 4.9- 5.5 mg/g, estos rangos fueron similares a los detectados en el estado de Zacatecas (Tabla 2 y 3). Se tienen ya detectadas las concentraciones de glifosato en colonias de los estados de Coahuila y Nuevo León, donde se encontraron niveles de glifosato mayores a los de este estudio, entre 4.2 hasta 13.5 mg/g (Cano-García *et al.*, 2022). En suelos agrícolas de Venezuela se detectaron niveles de herbicidas mucho más bajos de hasta 0.026 mg/g presentes en suelos agrícolas (Rojas-Fernández *et al.*, 2019). La presencia de glifosato en mayor concentración en todas las muestras analizadas puede deberse al uso frecuente de este



producto para el control de malezas. En México de cada tres unidades de producción, dos utilizan glifosato para el control de malezas (Hernández *et al.*, 2021). Además las propiedades químicas del glifosato le proporciona la capacidad de persistencia en el ambiente ya que es estable químicamente y es volátil por lo que facilita su dispersión en el ambiente (Flores *et al.*, 2018).

El insecticida metamidofos también presentó concentraciones altas en comparación con las otras muestras, para Zacatecas se obtuvieron valores de 4.5 y 4.7 mg/g (Tabla 2). Estos resultados coinciden con rangos similares para el estado de San Luis Potosí, donde se detectaron concentraciones desde los 4.3 hasta los 4.8 mg/g (Tabla 3). El metamidofos es un insecticida que pertenece al grupo de los organofosforados. Este plaguicida presenta un alto poder residual, es utilizado principalmente para el control de ácaros en cultivos de maíz, papa, jitomate y chile, cultivos que están presentes en la zona de estudio (Iannacone *et al.*, 2007). Este insecticida está clasificado como Altamente Peligroso (clase Ib) según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020). En los estados de Coahuila y Nuevo León en suelos de cultivos de papa y manzano se han detectado concentraciones de metamidofos menores a los que se obtuvieron en este estudio, con rangos de entre 0.018 mg/g y 1.16 mg/g (Maldonado *et al.*, 2021). Sin embargo en los estados de Coahuila y Nuevo León en colonias de perrito de la pradera se encontró la presencia de metamidofos en concentraciones mayores desde 3.2 hasta 11.6 mg/g (Cano-García *et al.*, 2022).

Los plaguicidas clorpirifos, malatión, endosulfán, imidacloprid, deltametrina y metomilo se detectaron concentraciones más bajas. De clorpirifos se detectó 0.2 mg/g y de malatión de 0.3 y 0.4 mg/g (Tabla 2 y 3), comparados a los detectados en los estados de Coahuila y Nuevo León en suelo de cultivo de papa y manzana, donde se encontraron concentraciones más altas de clorpirifos, en rangos de entre 0.33 mg/ hasta 3.8 mg/g y de malatión de entre 0.07 a 1.01 mg/g (Maldonado *et al.*, 2021).

Tabla 2. Concentraciones (mg/g) de plaguicidas detectados en muestras de suelo obtenidas en colonias de perrito de la pradera del estado de Zacatecas y San Luis Potosí

Muestra	Clorpirifos	Metamidofos	Malatión	Glifosato	Endosulfán	Imidacloprid	Deltametrina	Metomilo
M1 ZAC	0.2	4.5	0.4	5.3	0.1	0.06	0.02	0.07
M2 ZAC	0.2	4.7	0.4	5.4	0.1	0.06	0.02	0.08

Se resaltan en negritas las concentraciones más altas.



Tabla 3. Concentraciones (mg/g) de plaguicidas detectados en muestras de suelo obtenidas en colonias de perrito de la pradera del estado de San Luis Potosí

Muestra	Clorpirifos	Metamidofos	Malatión	Glifosato	Endosulfán	Imidacloprid	Deltametrina	Metomilo
M1 SLP	0.2	4.8	0.4	5.5	0.1	0.06	0.02	0.08
M2 SLP	0.2	4.3	0.3	4.9	0.09	0.06	0.01	0.07
M3 SLP	0.2	4.6	0.4	5.4	0.1	0.06	0.02	0.07

Se resaltan en negritas las concentraciones más altas.

Los plaguicidas aplicados en los campos de cultivo se dispersan en el ambiente, puede estar presente en distintos elementos como el suelo en este caso. Esto provoca que los organismos como el perrito de la pradera y todos aquellos que se encuentran en el hábitat estén en exposición directa a estos productos químicos, provocando daños tanto en los individuos como en las poblaciones. El glifosato es considerado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA) como un plaguicida de toxicidad clase II siendo el I el más tóxico (Salazar & Aldana, 2011). En México el glifosato es uno de los plaguicidas considerados altamente peligrosos con mayor número de registros autorizados en la COFEPRIS (Bejarano, 2017). Tiene una toxicidad (oral en ratas) de DL_{50} mayor a 5000 mg kg^{-1} y una ingesta diaria admisible (IDA) de 0.3 mg kg^{-1} (Salazar & Aldana, 2011). Si comparamos la concentración mayor de glifosato detectada en este estudio que fue de 5.5 mg/g presente en suelo, este es más alta a la DL_{50} y a la IDA. Estudios realizados en ratones tratados diariamente con dosis de 250 o 500 mg/kg a una concentración de 50 g/l (50 mg/mL) de glifosato, en tratamientos subcrónicos de seis semanas y crónicos de 12 semanas, provoca alteraciones en la memoria de reconocimiento y retención. La exposición crónica tuvo un efecto en la memoria de trabajo, además se demostró una disminución en la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) en el cerebro de los ratones (Bali *et al.*, 2019).

Si bien la acción del glifosato en plantas está enfocado a la inhibición de la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintetasa la cual no tienen los mamíferos (Hernández *et al.*, 2021), el glifosato es considerado un plaguicida anticolinérgico, ya que impide la hidrólisis de la acetilcolina (ACh) un neurotransmisor, proceso realizado por la AChE. Esto provoca que la ACh se acumule en las terminaciones nerviosas, provocando la interferencia en funciones de termorregulación; comportamiento de los individuos como el tiempo de forrajeo, habilidad de aprendizaje, consumo de agua y alimento; puede provocar pérdida de peso; problemas en el desarrollo y bajo éxito reproductivo en mamíferos (Chi-Coyoc *et al.*, 2016; Dallegrave *et al.*, 2007; García, 2015; Salazar & Aldana, 2011). La presencia de glifosato en suelos de las colonias de *C. mexicanus* si



bien no demuestran la presencia en su organismo, si deja en claro que los plaguicidas aplicados en los cultivos cercanos, se transportan hasta sus colonias dejándolos expuestos de manera crónica, ya que los residuos pueden permanecer por mucho tiempo, en caso del glifosato se ha comprobado que hasta 21 meses después de su aplicación puede estar presente en el suelo (Simonsen *et al.*, 2008).

Existen pocos estudios realizados en mamíferos silvestres donde se determinan residuos de plaguicidas, hay pocos trabajos que evidencien realmente los efectos adversos de los plaguicidas en mamíferos silvestres, la mayoría de los daños son demostrados en ensayos *in vitro* con ratas. En cambio se han realizado varios con las abejas y aves donde si se demuestra que los plaguicidas impactan a las poblaciones reduciendo sus poblaciones y produciendo daños en su reproducción (Botías & Sánchez-Bayo, 2018; Martin-Culma & Arenas-Suárez, 2018; Cobos *et al.*, 2011).

Los plaguicidas organoclorados son muy estables, persistentes en el ambiente y tienen gran capacidad de bioacumulación ya que son liposolubles (Sierra-Cortés *et al.*, 2019). El endosulfán es un organoclorado y está considerado un contaminante orgánico persistentes (COP), sus propiedades lipofílicas le permite acumularse en los tejidos grasos de los animales (Sharma *et al.*, 2012). Este compuesto funciona como un antagonista del receptor GABA en el Sistema Nervioso Central (SNC) de los mamíferos, se ha demostrado que exposiciones en ratas gestantes de entre 12 y 22 días con dosis de 3 mg/kg, provoca la pérdida de peso de la madre y en las crías disminuye la producción de espermatozoides (Richardson *et al.*, 2019; Silva & Gammon, 2009).

En osos pardos y lobos grises en Croacia se identificaron en tejido adiposo, residuos de organoclorados de hexaclorobenceno (HCB), isómeros del hexaclorociclohexano (a-, b- y c-HCH), 1,1-dicloro-2,2-di (4-clorofenil) etileno (DDE), 1,1-dicloro-2,2-di (4-clorofenil) etano (DDD) y 1,1,1-tricloro-2,2-di (4-clorofenil) etano (DDT). Las concentraciones variaron entre 0.45 a 4.09 ng/g en osos y de 1.18 a 5.67 ng/g en lobos, estas concentraciones se consideraron bajas y que no representaban un peligro para las especies estudiadas, al contrario, a la concentración del insecticida organoclorado endosulfán que se detectó en las muestras de suelo analizadas de 0.1 mg/g las cuales son mucho mayores (Romanić *et al.*, 2015). Se ha comprobado que los plaguicidas pueden transportarse hasta sitios distintos a los que se aplican, llegando incluso a lugares más altos como montañas, bioacumulándose en pequeños mamíferos que se encuentran presentes. Se ha detectado endosulfán en regiones de alta montañas en Brasil en concentraciones de entre 0.6 hasta 144 ng/g lo equivalente a 0.000144 mg/g, estando muy por debajo de las concentraciones que se detectaron en este estudio que fueron de 0.1 mg/g (Capella *et al.*, 2023). En la zona del Golfo de México en el estado de Campeche, se analizaron distintas especies de ratones silvestres que han estado expuestos a plaguicidas por encontrarse cerca de zonas agrícolas. Se detectó endosulfán desde 4.62



hasta los 2 899.5 ng/g sugiriendo que las concentraciones pueden causar daños a largo plazo como estrés oxidativo, daños en células de distintos órganos, puede influir en la reproducción causando alteraciones en los espermatozoides e incluso puede llegar a ser teratogénicos y hasta cancerígenos (Chi-Coyoc *et al.*, 2016).

Uno de los pocos estudios que ha documentado daños físicos en fauna silvestre se realizó en Uganda, donde se estudiaron poblaciones de chimpancés y babuinos que tienen ciertas deformidades como labio leporino, deformaciones nasales que van desde el hundimiento hasta la ausencia de las fosas nasales y distintos grados de daños en la piel. El estudio se centró en el análisis de muestras de semillas de maíz y tallos frescos que eran consumido por los individuos de chimpancés y babuinos. Los resultados arrojaron que las semillas de maíz y tallos contenían concentraciones de clorpirifos mayores a los Límite Máximo de Residuo (LMR) con 0.372 mg/kg, también se detectó imidacloprid en semillas en concentraciones elevadas de hasta 460 mg/kg, estas concentraciones son mayores a lo que se detectó en muestras de suelo de perrito de la pradera, si bien no se han realizado estudios directamente de los individuos, muestra que existe una exposición a plaguicidas por medio de la alimentación (Krief *et al.*, 2017). El imidacloprid es un insecticida piretroide que está clasificado como moderadamente peligroso por la OMS con una DL₅₀ de 450 mg/kg (OMS, 2020), en este estudio se detectaron hasta 60 mg/kg por lo que la exposición de los perritos de la pradera a largo plazo podría causar problemas ya que se ha demostrado que dosis más bajas de la DL₅₀ de imidacloprid (31 mg/kg) pueden afectar la homeostasis tiroidea y a la reproducción (Pandey & Mohanty, 2015). En cuanto al clorpirifos también se considera moderadamente peligroso con una DL₅₀ de 135 mg/kg (OMS, 2020) y los resultados de este estudio sobrepasaron estos rangos ya que se detectaron 200 mg/kg.

CONCLUSIONES

Se detectaron ocho plaguicidas en el 100% de las muestras colectadas en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí. El herbicida glifosato el insecticida metamidofos, presentaron concentraciones más altas que los demás plaguicidas. La presencia de glifosato en el suelo puede provocar afectos adversos en el organismo de *C. mexicanus*, ya que los compuestos pueden ser absorbidos vía cutánea. Si bien estos resultados no demuestran la presencia de residuos en el organismo del perrito de la pradera, es claro que están presentes en su hábitat, y la exposición crónica puede estar provocando daños en las poblaciones. Estos resultados proporcionan información importante y son referencia sobre un factor importante que puede estar influyendo en la disminución de las poblaciones del perrito de la pradera, como es la actividad de aplicación de plaguicidas en zonas agrícolas. Proporcionan una pauta para realizar acciones para la aplicación de un Manejo Integrado de Plagas, con el fin de poder reducir el impacto a la fauna silvestre de los ecosistemas.



LITERATURA CITADA

BADII M, Garza V, Landeros J. 2006. Plaguicidas: efecto de los plaguicidas en la fauna silvestre. *Culcyt. Cultura Científica y Tecnológica*. 14:22–44.

<https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/510>

BALI Y A, Kaikai N, Ba-M'hamed S, Bennis M. 2019. Learning and memory impairments associated to acetylcholinesterase inhibition and oxidative stress following glyphosate based-herbicide exposure in mice. *Toxicology*. 415:18–25.

<https://doi.org/10.1016/j.tox.2019.01.010>

BEJARANO F. 2017. Los plaguicidas altamente peligrosos en México. Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México, A.C. (RAPAM), 351.

<https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2017/09/Libro-Plaguicidas-Final-14-agst-2017sin-portada.pdf>

BLANCO P, Figini I, Marino DJ, Orozco MM. 2020. Estudio de la contaminación ambiental por plaguicidas y su impacto en fauna silvestre en Humedal del Noreste de Argentina. *Ciencias de La Salud, Universidad Autónoma de Encarnación*. 2(1):39–51.

<https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/salud/article/view/254>

BOTÍAS C, Sánchez-Bayo F. 2018. Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores. *Revista Ecosistemas*. 27(2):34–41. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1314>

CANO-GARCÍA A, Cerna-Chávez E, Ochoa-Fuentes YM, Maldonado-Ortega V, Ceballos-Ceballos A G, Linares-Márquez P, Lafón-Terrazas A. 2022. Determinación y cuantificación de residuos de plaguicidas en suelo y agua en pastizales del noroeste de México, hábitat del perrito de la pradera mexicana. *Revista Mexicana de Mastozoología, Nueva Época*. 12(1):33–48.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2022.12.1.347>

CANTÚ PC, Meza MM, Valenzuela AI, Osorio C, Zamorano HG, Cota PG, Gutiérrez DL. 2019. Determinación de plaguicidas organoclorados en hortalizas del sur de Sonora: calidad y seguridad de los alimentos con relación a los límites máximos permitidos. *Biotechnia*. 21(2):19–27. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v21i2.902>

CAPELLA R, Guida Y, Loretto D, Weksler M, Meire RO. 2023. Occurrence of legacy organochlorine pesticides in small mammals from two mountainous National Parks in southeastern Brazil. *Emerging Contaminants*. 9(2), e100211.

<https://doi.org/10.1016/j.emcon.2023.100211>

CARRERA MA. 2008. Situación actual, estrategias de conservación y bases para la recuperación del perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*). Tesis de maestría, Instituto de Ecología/Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/90976>



CHAPARRO-GARCÍA, AL, Quijano-Parra A, Rodríguez-Martínez R, Lizarazo-Gutiérrez LF. 2017. Desarrollo y validación de un método ambientalmente amigable para la determinación de carbofurano en suelos. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 18(1):89–102. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:560

CHI-COYOC T, Segura GE, Moncada AV, Contreras Vargas JA, Castillo Vela GE, Reyna JL. 2016. Plaguicidas organoclorados y anticolinérgicos en ratones silvestres en ecosistemas de humedales costeros del Golfo de México. *Therya*. 7(3):465–482. <https://doi.org/10.12933/therya-16-422>

COBOS VM, Barrientos R, Chi C. 2011. Los plaguicidas y su impacto sobre la fauna silvestre de la Península de Yucatán Bioagrocencias Biodiversidad. *Bioagrocencias*. 4(2):4–9. <https://pagosccba.uady.mx/bioagro/V4N2/V4N2.pdf>

DALLEGRAVE E, Mantese FD, Oliveira RT, Andrade AJM, Dalsenter PR, Langeloh A. 2007. Pre- and postnatal toxicity of the commercial glyphosate formulation in Wistar rats. *Archives of toxicology*. 81:665–673. <https://doi.org/10.1007/s00204-006-0170-5>

DOF. 1988. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana NOM-AA-105-1988, Plaguicidas determinación de residuos en suelo: método de toma de muestras. Diario Oficial de La Federación, 25–27. México. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa105.pdf>

FLORES GP, Orozco JO, Payán F, Alarcón G. 2018. Naturaleza y acciones de los plaguicidas organofosforados sobre el ambiente y la salud. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. 18(35):151–179. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/346>

GARCÍA J, Leyva JB, Martínez IE, Hernández MI, Aldana ML, Rojas AE, Betancourt M, Pérez NE, Perera Rios JH. 2018. Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 34 (Special Issue 1):29-60. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>

GARCÍA S. 2015. Evaluación de la carcinogenicidad del glifosato. Evidencias y controversias. In Asociación Toxicológica Argentina. <https://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2016/06/Carcinogenicidad-del-glifosato-SG-1.pdf>

HERNÁNDEZ R, García D, Romero H. 2021. Uso del glifosato en México. *Revista Iberoamericana de Bioética*. 17:1–12. <https://doi.org/10.14422/rib.i17.y2021.007>

IANNACONE J, Onofre R, Huanqui O, Giraldo J, Mamani N, Miglio MC, Alvariño L. 2007. Evaluación del riesgo ambiental del insecticida metamidofos en bioensayos con cuatro organismos acuáticos no destinatarios. *Agricultura Técnica*. 67(2):126–138. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000200002>



KRIEF S, Berny P, Gumisiriza F, Gross R, Demeneix B, Fini JB, Chapman CA, Chapman LJ, Seguya A, Wasswa J. 2017. Agricultural expansion as risk to endangered wildlife: Pesticide exposure in wild chimpanzees and baboons displaying facial dysplasia. *Science of the Total Environment*. 598:647–656. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.113>

MALDONADO V, Ochoa YM, Cerna E. 2021. Adaptación de una técnica espectrofotométrica para la detección de residuos de plaguicidas en muestras de suelo y agua. *Interciencia*. 46(4):156–161. https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2021/05/03_-6744_Com_Maldonado_v46n4_6.pdf

MARTIN-CULMA NY, Arenas-Suárez NE. 2018. Collateral damage in bees due to pesticide exposure of agricultural use. *Entramado*. 14(1):232–240. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>

MEDELLÍN RA, Bárcenas HV. 2021. Evaluación del estado de conservación y amenazas de *Cynomys mexicanus* en el marco del examen de revisión periódica de especies listadas en los Apéndices de la CITES. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. QE005 Ciudad de México. <http://www.cbmm.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=QE&Numero=5>

MOO-MUÑOZ AJ, Azorín-Vega EP, Ramírez-Durán N, Moreno-Pérez MP. 2020. Estado de la producción y consumo de plaguicidas en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 23: 1–11. ISSN: 1870-0462. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/109820>

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2020. Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019. [WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud (Vol. 1). Pp 92. ISBN: 9789240016057. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/337246/9789240016057-spa.pdf?sequence=1>

PANDEY SP, Mohanty B. 2015. The neonicotinoid pesticide imidacloprid and the dithiocarbamate fungicide mancozeb disrupt the pituitary-thyroid axis of a wildlife bird. *Chemosphere*. 122:227–234. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.11.061>

RICHARDSON JR, Fitsanakis V, Westerink RHS, Kanthasamy AG. 2019. Neurotoxicity of pesticides. *Acta Neuropathologica*. 138(3):343–362. <https://doi.org/10.1007/s00401-019-02033-9>

ROMANIĆ SH, Klinčić D, Kljakovic-Gašpić Z, Kusak J, Reljić S, Huber D. 2015. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl congeners in wild terrestrial mammals from Croatia: Interspecies comparison of residue levels and compositions. *Chemosphere*. 137: 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.05.026>



ROJAS-FERNÁNDEZ JA, Benítez-Díaz, PR, Rivas-Rojas EA, Miranda-Contreras L. 2019. Residuos de plaguicidas en suelos de uso agrícola y riesgo de exposición en la microcuenca los zarzales, municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 35(2):307–315.

<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.04>

SALAZAR NJ, Aldana ML. 2011. Herbicida Glifosato: Usos, toxicidad y regulación. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora*. 13:23–28.

<https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.83>

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de La Federación. Pp. 1–77. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales). 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies Perrito Llanero de Cola Negra (*Cynomys ludovicianus*) y Perrito Llanero Mexicano (*Cynomys mexicanus*).

<https://www.gob.mx/conanp/documentos/programa-de-accion-para-la-conservacion-de-especies-pace-perritos-llaneros-cynomys-ludovicianus-y-cynomys-mexicanus?state=published7>

SHARMA A, Mishra M, Shukla AK, Kumar R, Abdin MZ, Chowdhuri DK. 2012. Organochlorine pesticide, endosulfan induced cellular and organismal response in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Hazardous Materials*. 221–222:275–287.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.04.045>

SIERRA-CORTÉS JC, Vega y León S, Gutiérrez-Tolentino R, Ortis-Salinas R, Pérez-González JJ, Escobar-Medina AC. 2019. Plaguicidas Organoclorados en Agua de la Laguna Negra de Puerto Marqués, Acapulco, Guerrero, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 35(2):397–406. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.11>

SILVA MH, Gammon D. 2009. An assessment of the developmental, reproductive, and neurotoxicity of endosulfan. *Birth Defects Research. Part B, Developmental and Reproductive Toxicology*. 86(1):1–28. <https://doi.org/10.1002/BDRB.20183>

SIMONSEN L, Fomsgaard IS, Svensmark B, Spliid NH. 2008. Fate and availability of glyphosate and AMPA in agricultural soil. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 43(5):365–375.

<https://doi.org/10.1080/03601230802062000>

Errata Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>