



INSTITUTO
DE ECOLOGÍA
UNAM

DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN SUELO Y AGUA EN PASTIZALES DEL NOROESTE DE MÉXICO, HÁBITAT DEL PERRITO DE LA PRADERA MEXICANO

DETERMINATION AND QUANTIFICATION OF PESTICIDE RESIDUES IN SOIL AND WATER FROM GRASSLANDS OF NORTHEASTERN MEXICO, MEXICAN PRAIRIE DOG HABITAT

ARELY CANO-GARCÍA¹ | ERNESTO CERNA-CHÁVEZ¹ | YISA MARÍA OCHOA-FUENTES¹ | VALERIA MALDONADO-ORTEGA¹ | AUGUSTO GIL CEBALLOS-CEBALLOS¹ | PASCUAL LINARES-MÁRQUEZ² | ALBERTO LAFÓN-TERRAZAS³

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila, México.

² Universidad Veracruzana. Facultad de Biología. Lomas del Estadio s/n, 91100, Xalapa, Veracruz, México.

³ Protección de la Fauna Mexicana A.C. Calle 16 No. 2604 Col. Pacífico, 31030, Chihuahua, Chihuahua, México.

RESUMEN

El perrito de la pradera mexicana es una especie endémica de México, característica de los pastizales. A pesar de ser considerada clave para la conservación de su hábitat, se encuentra en peligro de extinción debido a la actividad agrícola cercana a sus poblaciones. El objetivo de este estudio fue determinar y cuantificar los residuos de plaguicidas en el suelo y el agua de las colonias de perrito de la pradera mexicana (*Cynomys mexicanus*) en Coahuila y Nuevo León. Se recolectaron 4 muestras de agua y 55 de suelo, se extrajeron los plaguicidas mediante

RELEVANCIA

Se determina que la fauna silvestre cercana a zonas agrícolas, en especial los pequeños mamíferos como *C. mexicanus*, puede ser afectada por los residuos de plaguicidas presentes en suelo y agua, ya que debido al contacto con estos elementos puede afectar su reproducción y por tanto a sus poblaciones.

la técnica Soxhlet y se analizaron con el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Se detectaron residuos de glifosato, endosulfán, metamidofos, malatión, clorpirifos, deltametrina, imidacloprid y metomilo en un 99% de las muestras analizadas. El glifosato se detectó en concentraciones más altas (14.8 mg/mL) en las muestras de agua de Coahuila. Por otro lado, en las muestras de suelo de Nuevo León, se detectaron concentraciones más altas de glifosato y metamidofos (11.6 y 13.5 mg/mL respectivamente). Los resultados sugieren que los plaguicidas presentes en el suelo y el agua pueden estar afectando a las poblaciones de *C. mexicanus* debido a la persistencia, toxicidad y bioacumulación de los plaguicidas aplicados en las zonas agrícolas cercanas.

Palabras clave: Coahuila, HPLC, Nuevo León, plaguicidas, soxhlet.

Revisado: 28 de junio de 2022; aceptado: 25 de julio de 2022; publicado: 31 de julio de 2022.

Autor de correspondencia: Ernesto Cerna Chávez, jably1@yahoo.com

Cita: Cano-García, A., E. Cerna-Chávez, Y.M. Ochoa-Fuentes, V. Maldonado-Ortega, A.G. Ceballos-Ceballos, P. Linares-Márquez, A. Lafón-Terrazas. 2022. Determinación y cuantificación de residuos de plaguicidas en suelo y agua en pastizales del noreste de México, hábitat del perrito de la pradera mexicana. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 12(1):33-48. ISSN: 2007-4484. www.rev mexmasto-zoologia.unam.mx

ABSTRACT

The Mexican prairie dog is an endemic species to Mexico and is characteristic of grasslands. Despite it is considered key to the conservation of its habitat, it is in danger of extinction due to agricultural activity near its populations. The objective of this study was to determine and quantify pesticide residues in soil and water from Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies in Coahuila and Nuevo León. A total of 4 samples of water and 55 of soil were collected, the pesticides were extracted by Soxhlet technique, and analyzed using the High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method. Residues of glyphosate, endosulfan, methamidophos, malathion, chlorpyrifos, deltamethrin, imidacloprid and methomyl were detected in a 99 % of the analyzed samples. Glyphosate was detected in higher concentrations (14.8 mg/mL) in water samples from Coahuila, on the other hand, soil samples from Nuevo León were detected in higher concentrations of glyphosate and methamidophos (11.6 and 13.5 mg/mL respectively). The results suggest that pesticides present in soil and water may be affecting *C. mexicanus* populations due to the persistence, toxicity and bioaccumulation of pesticides applied in nearby agricultural areas.

Key words: Coahuila, HPLC, Nuevo Leon, pesticides, soxhlet.

INTRODUCCIÓN

El perrito de la pradera mexicana (*Cynomys mexicanus*), es un roedor diurno que pertenece a la familia Scuridae. Esta especie es característica de los pastizales bajos con presencia de pastos y hierbas anuales, aunque también habita valles y zonas intermontanas. Viven en grupos llamados colonias y pueden llegar a ocupar áreas desde una hectárea (ha), hasta más de 5,000 ha. La alimentación de estos roedores consta principalmente de hojas, tallos y raíces de pastos, hierbas y brotes de arbustos (SEMARNAT, 2018).

Es considerada una especie clave para la conservación de su hábitat, proporcionan una mejor oxigenación en el suelo y aumentan la recarga de los mantos acuíferos. Sus heces aportan nitrógeno, beneficia la incorporación de la materia

orgánica al suelo, aumenta la disponibilidad de alimento y proporciona una mayor calidad de forraje. Crea un hábitat adecuado para distintas especies como las aves y polinizadores. Además, forman parte de la cadena trófica teniendo al coyote y al águila real como sus principales depredadores (Ochoa, 2021).

Este mamífero es endémico de México y se encuentra catalogada como una especie en Peligro de Extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Históricamente se distribuía en un área de 1 300 km², sin embargo, esta área ha reducido en un 74% llegando a ocupar solo 200 km² actualmente. Su distribución se encuentra restringida a una zona donde convergen los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas conocida como “El Tokio” (SEMARNAT, 2018).

Una de las principales amenazas que enfrenta esta especie es el aumento de la frontera agrícola, ya que las colonias se encuentran en su mayoría dentro de propiedades privadas y ejidos. Dentro de estos predios las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura; sin embargo, las prácticas agrícolas que son implementadas se realizan de manera inadecuada, esto debido a la escasa planeación y la falta de capacitación a los productores. Los estados de Coahuila y Nuevo León son productores de nuez, alfalfa, tomate rojo, algodón, maíz, manzana, papa y pastos, por mencionar algunos (SIAP, 2018). El aumento en la demanda de estos productos ha provocado la necesidad de utilizar una gran cantidad de pesticidas, con el fin de combatir plagas y enfermedades que afectan su producción (Esquivel-Valenzuela *et al.*, 2019; de Souza *et al.*, 2020; Moo-Muñoz *et al.*, 2020). Tan solo en México en el año 2017 se produjeron más de 106 mil toneladas de plaguicidas y actualmente se utilizan alrededor de 14,000 toneladas (Moo-Muñoz *et al.*, 2020).

El uso desmedido de los plaguicidas como la aplicación en tiempos inadecuados y en cantidades descontroladas, pueden provocar cambios en los ecosistemas influyendo en la abundancia y composición de las poblaciones silvestres (Rumschlag *et al.*, 2020). Se sabe que solamente el 0.1 % de los plaguicidas aplicados llega a su objetivo, mientras que los demás se dispersa en el ambiente contaminando, suelo y aire, además se puede transportar por medio de la lixiviación a aguas subterráneas o superficiales (de Souza

et al., 2020; Rumschlag et al., 2020; Serrano, 2017). El objetivo de este estudio fue identificar y cuantificar residuos de plaguicidas en suelo y agua presentes en colonias de perrito de la pradera mexicano (*C. mexicanus*), utilizando el método de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).

MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se centra en la zona de distribución del perrito de la pradera, denominada Región Terrestre Prioritaria El Tokio (RTP-80) (23° 36' 43"N, 25° 13' 51"W), esta área se considera de gran importancia para la conservación de los pastizales y las especies de fauna que dependen de ellos. Abarca parte de los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Es un área de importancia debido a la presencia y distribución de *C. mexicanus* (CONA-

bio, 2017). Los muestreos se realizaron en ejidos de los estados de Coahuila y Nuevo León, como se muestra en la Figura 1.

Muestreo

Las coordenadas para identificar y ubicar las colonias de perrito de la pradera, fueron tomadas de Carrera (2008) y reportes elaborados por PROFAUNA A.C. Los muestreos se realizaron en noviembre de 2021 en los estados de Coahuila y Nuevo León.

Se colectaron en total cuatro muestras de agua en los ejidos de Artesillas, Las Puyas, El Cercado y San Juan del Banco pertenecientes del estado de Coahuila (Cuadro 1), se tomó una muestra por cada ejido. Se colectaron de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-104-1988 (DOF, 1998a), que establece la metodología para toma de muestras en agua para el análisis de plaguicidas. Se colectaron directa-

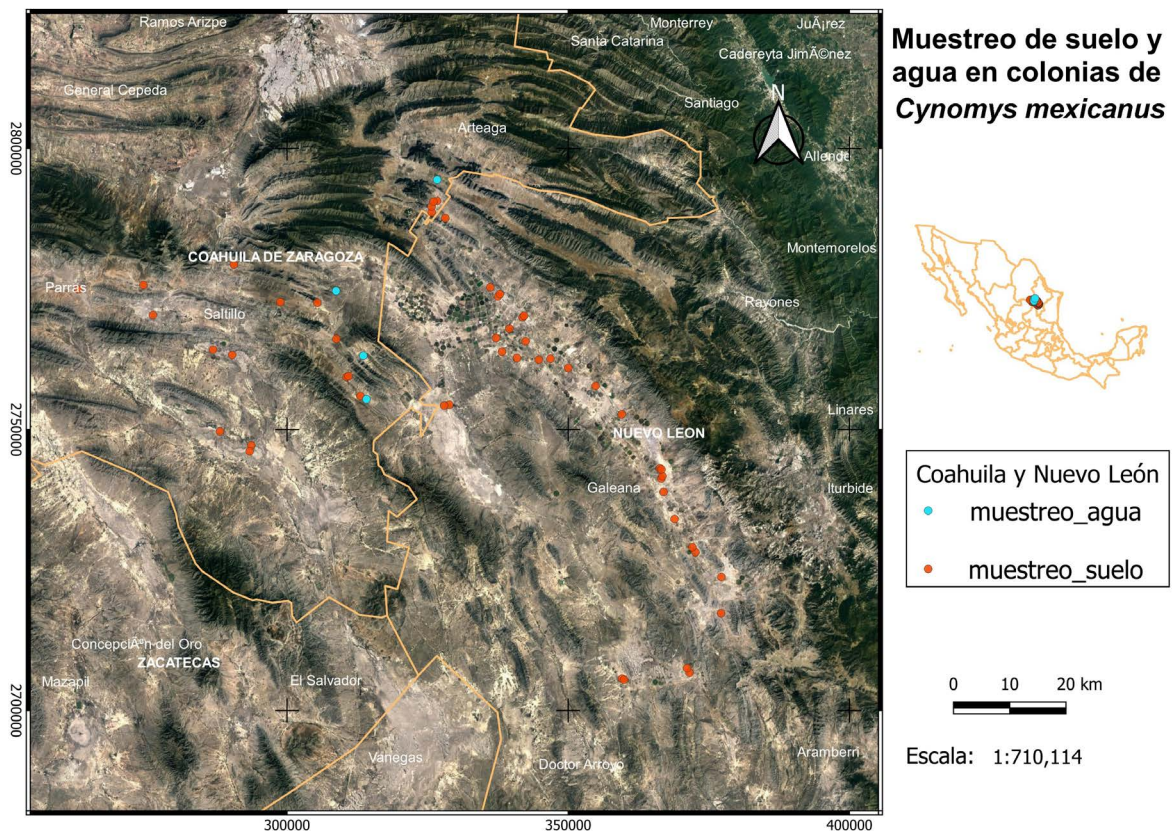


Figura 1. Mapa donde se muestran los sitios de muestreo en las colonias de perrito de la pradera en los estados de Coahuila y Nuevo León. Los puntos color rojo indican colectas de suelo y los de color azul las muestras de agua.

mente de los estanques ubicados cerca de las colonias de *C. mexicanus*, en botellas limpias de vidrio color ámbar con un volumen de 250 mL y se conservaron en hieleras a una temperatura de 4°C, durante su transporte al laboratorio, donde se mantuvieron en un refrigerador a la misma temperatura hasta su análisis (Sierra-Cortés *et al.*, 2019).

Se colectaron en total 55 muestras de suelo de las colonias de perrito de la pradera, 23 de ellas en distintos ejidos del estado de Coahuila y 32 en ejidos del estado de Nuevo León (Cuadro 2). Estas muestras fueron recolectadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-105-1988 (DOF, 1988b) la cual establece la metodología para la toma de muestras de suelo para el análisis de plaguicidas. Se conservaron en bolsas negras de plástico y en el laboratorio se colocaron en papel filtro y se dejaron reposar por dos noches continuas a temperatura ambiente. Después se tamizaron con mallas de 2 mm, se guardaron en un lugar seco para su posterior análisis (Muñiz-Valencia *et al.*, 2019).

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

Muestras de suelo

Para la extracción de los plaguicidas en las muestras de suelo se utilizó el método Soxhlet (Chaparro-García *et al.*, 2017; Maldonado, 2021). Se pesaron 15 g. de cada muestra de suelo, se colocó envuelto en papel filtro dentro del extractor. Se agregaron 180 mL de hexano a un matraz bola de fondo plano, se llevó a evaporación hasta completar un total de cinco ciclos, una vez finalizado el proceso el producto final

se recolectó en frascos de vidrio color ámbar. Para la eliminación del solvente las muestras se llevaron a evaporación total y se reconstituyeron con agua destilada, esta solución se utilizó para inyectarla al equipo de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC).

Muestras de agua

Para extraer los plaguicidas de las muestras de agua se utilizó la metodología de extracción líquido-líquido (Maldonado, 2021). En un embudo de separación se agregaron 50 mL de hexano y 50 mL de la muestra de agua, se agitó por 1 minuto y se dejó reposar hasta la obtención de las dos fases aproximadamente por 15 minutos, para después recuperar la fase orgánica. Este proceso se realizó por triplicado, obteniendo como producto final la fase orgánica, la cual se conservó en botellas de vidrio color ámbar. La eliminación del solvente se llevó a cabo mediante la evaporación total cada una de las muestras, para después reconstituir con agua destilada. Esta solución se utilizó para inyectarla en el HPLC.

Curva de calibración

Se prepararon soluciones de los siguientes plaguicidas: glifosato, endosulfán, clorpirifos, metamidofos, malatión, glifosato, imidacloprid, deltametrina y metomilo. Estos plaguicidas son los más utilizados en cultivos de papa, maíz y manzana, que son cultivos presentes en la zona de estudio. Cada dilución se realizó con agua destilada a seis distintas concentraciones, estas fueron desde los 0.001 mg/mL hasta los 0.5 mg/

Cuadro 1. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de agua en ejidos del estado de Coahuila donde se encuentran colonias de *C. mexicanus*.

Colonia	Coordenadas UTM	
	X	Y
Puyas	314132.54	2755380.3
Cercado R	308730.6	2774655.8
Sn. Juan del Banco	313561.474	2763126.51
Artesillas	326704.641	2794445.04

Cuadro 2. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de suelo en los ejidos de los estados de Nuevo León y Coahuila donde se encuentran colonias de *C. mexicanus*.

Estado	Colonia	Coordenadas UTM	
		X	Y
Nuevo León	Área 4	366583.7	2741262.7
Nuevo León	Artesillas	328149.2	2787629.2
Nuevo León	Artesillas 2	325726.4	2788644.8
Nuevo León	Artesillas 3	325711.5	2789660.5
Nuevo León	Artesillas 4	326676.5	2790694.4
Nuevo León	Artesillas 5	326058.8	2790548.5
Nuevo León	Cerca A3	366599.1	2742862.3
Nuevo León	La Concha-SR	341915	2769984.3
Nuevo León	La Luz A-3	366348.7	2743110.9
Nuevo León	Llano de la Soledad 1	328852.9	2754386.9
Nuevo León	Milagro	342426.3	2765701.4
Nuevo León	Navidad	337871.1	2774093.4
Nuevo León	Navidad 2	336176.2	2775313.7
Nuevo León	Providencia-Navidad	337530	2773697.5
Nuevo León	Raíces-B	377213.1	2717260.9
Nuevo León	Refugio	359596.4	2705674.8
Nuevo León	Refugio 2	359960.3	2705455.8
Nuevo León	Salero 1	371602	2706728.7
Nuevo León	Salero 2	371158.9	2707532.6
Nuevo León	San José de Contreras	342170.1	2770227.5
Nuevo León	Seis de Enero	354876.1	2757748.7
Nuevo León	Seis de Enero 2	359537.6	2752685.3
Nuevo León	Serma	337189.5	2766285.9
Nuevo León	Serma 2	339564.4	2767950.1
Nuevo León	Sn. Joaquín-La Paz	350029.3	2760939.2
Nuevo León	Sn. Roberto	368931.1	2734072
Nuevo León	Sn. Roberto A4	366982.1	2738889.9
Nuevo León	Sn. Roberto A4-2	366784.4	2741691.4
Nuevo León	Soledad 2	327952.9	2754244.2
Nuevo León	Tokio	372670.3	2728130.4
Nuevo León	Tokio 2	372088.2	2729027.9
Nuevo León	Tokio-Raíces	377270	2723720.6
Coahuila	Ángeles	346866.601	2762588.13
Coahuila	Ángeles 2	344771.877	2762416.94
Coahuila	Artesillas	326704.641	2794445.04
Coahuila	Cercado	305393.1	2772548.7
Coahuila	Cercado 2	290552.335	2779344.67

Cuadro 2. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo de suelo en los ejidos de los estados de Nuevo León y Coahuila donde se encuentran colonias de *C. mexicanus*.

Estado	Colonia	Coordenadas UTM	
		X	Y
Coahuila	Cercado R	308730.6	2774655.8
Coahuila	E. Guzmán	293636.17	2747167.23
Coahuila	E. Guzmán 2	293361.1	2746134
Coahuila	El Fraile	276148.839	2770365.37
Coahuila	El Huron	286838.514	2764203.71
Coahuila	Guadalupe Victoria	290245	2763279
Coahuila	India	274464.6	2775703
Coahuila	India 2	310944.74	2759485.53
Coahuila	Las Hormigas	338252.85	2763820.67
Coahuila	Las Hormigas 2	340907.138	2762716.16
Coahuila	Puyas	314132.54	2755380.3
Coahuila	Puyas 2	313066.38	2755951.29
Coahuila	Sn. Juan del Banco	313561.474	2763126.51
Coahuila	Sn. Juan del Banco C	308779.4	2766130.4
Coahuila	Sn. Juan del Retiro	288078.1	2749661.3
Coahuila	Tanque Nuevo	298816.15	2772663.62
Coahuila	Venado	310590.48	2759344.84
Coahuila	Venado 2	262886.042	2774924.31

mL. Estas diluciones fueron inyectadas al HPLC. Los resultados de los coeficientes de correlación (R^2), dieron valores cercanos a nueve en todas las concentraciones indicando confiabilidad en los resultados (Cuadro 3). Las áreas bajo la curva se graficaron contra las concentraciones obtenidas de las muestras de suelo y agua para identificar y cuantificar las concentraciones de cada plaguicida.

Análisis cromatográfico

Se utilizó un cromatógrafo de líquidos marca Agilent modelo 1100 Series acoplado a un detector UV-Vis, con una columna Agilent Varian Pursuit de 5 mm de diámetro, 150 mm de longitud y 4.6 mm de diámetro de partícula, con una temperatura de 21.2 °C. Los disolventes utilizados fueron acetonitrilo (A) y agua grado HPLC (B). Se utilizó una elución de gradiente con una composición inicial de la fase móvil del 40 % de

A y 60 % de B, de 10 % de A y 90 % de B por ocho minutos, al 40 % de A y 60 % de B por 10 minutos y finalmente 40 % de A y 60 % de B por 15 minutos. La velocidad del flujo se mantuvo en 0.5 mL/min con un volumen de inyección de 20 μ L.

RESULTADOS

Detección de plaguicidas en agua

Los plaguicidas de mayor concentración fueron el insecticida metamidofos y el herbicida glifosato (Cuadro 4). Como se puede observar los de mayor concentración fueron el insecticida metamidofos y el herbicida glifosato. Para el metamidofos se encontraron concentraciones desde los 11 mg/mL hasta los 12.8 mg/mL, y la concentración más alta se encontró en el ejido El Cercado perteneciente al estado de Coahuila, lo que puede deberse a la cercanía con las zo-

Cuadro 3. Resultados de R² de las curvas de calibración de los ocho plaguicidas de estudio.

Plaguicida	R ²
Clorpirifos	0.9821
Metamidofos	0.9842
Malatión	0.9135
Glifosato	0.9461
Endosulfán	0.8926
Imidacloprid	0.9158
Deltametrina	0.9683
Metomilo	0.9051

Cuadro 4. Niveles de concentración de plaguicidas encontrados en muestras de agua de estanques de ejidos pertenecientes al estado de Coahuila, México (mg/mL). En negritas se indican las concentraciones más altas que se determinaron (metamidofos y glifosato).

Muestra Agua	Clorpirifos	Metamidofos	Malatión	Glifosato	Endosulfán	Imidacloprid	Deltametrina	Metomilo
Artesillas	0.5	11	0.9	13.3	0.3	0.15	0.04	0.2
Las Puyas	0.5	11.3	0.9	13.1	0.2	0.15	0.03	0.1
El Cercado	0.6	12.8	1	14.8	0.3	0.2	0.04	0.2
San Juan del Banco	0.6	12.2	1	14.2	0.3	0.16	0.04	0.2

nas de cultivos. Para el glifosato se detectaron concentraciones en un rango de los 13 mg/mL hasta los 14.8 mg/mL, coincidiendo también la concentración más alta en el ejido El Cercado, ya que el estanque donde se colectó la muestra de agua se encuentra rodeado de cultivos de maíz y papa. En menor concentración se detectó el malatión, el clorpirifos, endosulfán, imidacloprid y las concentraciones más bajas fueron de metomilo, los rangos detectados fueron de entre 0.04-0.6 mg/mL. Este patrón se repite en los cuatro ejidos donde se colectaron las muestras, Artesillas, Las Puyas, El Cercado y San Juan del Banco. Cabe mencionar que solo en estos ejidos del estado de Coahuila se encontraron estanques con agua presente, los cuales recolectan el agua de lluvia como bebederos para el ganado bovino, caprino y ovino.

Detección de plaguicidas en suelo

Las concentraciones detectadas de plaguicidas en suelo, colectado de las colonias de perrito de la pradera (*C. mexicanus*) en los estados de Coahuila y Nuevo León (Cuadros 5 y 6). Se puede observar en un 98 % de presencia de los ocho plaguicidas en los sitios de muestreo, ya que el glifosato no se detectó en el ejido San Roberto perteneciente al estado de Nuevo León. Para el estado de Nuevo León se determinó una mayor concentración al glifosato, con rangos de entre 4.2 y 11.43 mg/g y metamidofos en concentraciones desde 3.2 hasta 9.4 mg/g (Cuadro 5).

Para el estado de Coahuila se obtuvieron concentraciones altas de glifosato con rango desde los 5.9 hasta 13.5 mg/g y metamidofos con concentraciones de 5 hasta 11.6 mg/g. En cuanto al endosulfán se detectaron concentraciones de entre 0.07 y 0.2 mg/g. Para los plaguicidas malatión, clorpirifos, imidacloprid, deltametrina y metomilo se obtuvieron concentraciones más bajas a comparación de los otros plaguicidas detectados, éstas fueron de entre 0.01-0.9 mg/g (Cuadro 6).

DISCUSIÓN

Detección de plaguicidas en agua

La presencia de una mayor concentración de metamidofos y glifosato en muestras de agua, puede deberse a que tienden a ser más per-

sistentes en el ambiente. Tanto el metamidofos como el glifosato son solubles en agua por lo que favorece su presencia en cuerpos de agua (Restrepo y Guerrero, 1978). Aunado a esto, son muy utilizados en cultivos como el maíz y la papa, cultivos muy frecuentes en el estado de Coahuila y en la región de estudio (Flores *et al.*, 2018).

Los resultados obtenidos en las concentraciones de glifosato son mayores a los reportados en distintos estudios, superando el Límite Máximo Permissible (LMP) de acuerdo con la US EPA (United States Environmental Protection Agency) quien establece 700 µg/L para agua potable. Las concentraciones que se encontraron también fueron mayores a las reportadas en la cuenca del Río Catatumbo en Colombia y Venezuela, donde se determinaron concentraciones menores a 1.24 µL/L, los cuales no rebasan los límites permisibles (Sánchez y Etienne, 2005). Se han encontrado residuos de glifosato y clorpirifos en zanjas con agua que rodean cultivos, determinando concentraciones de entre 0.10 a 0.2 µg/dm⁻³, lo que representa concentraciones muy bajas en comparación con los resultados obtenidos en este estudio (Pazikowska-Sapota *et al.*, 2020).

Los resultados obtenidos de malatión y clorpirifos con concentraciones entre los 0.5 y 1 mg/mL son bajos en comparación con los otros plaguicidas detectados. Sin embargo, son más altos a los resultados reportados en zonas de cultivo en los estados de Coahuila y Nuevo León con concentraciones que van de los 0.13 a los 3.8 µg/mL. En cuanto al metamidofos se encontraron concentraciones altas de hasta 12.2 mg/mL, al contrario de lo reportado en muestras de agua utilizadas en zonas de cultivo en Coahuila y Nuevo León donde se determinaron concentraciones de entre 0.56 y 2.2 µg/mL (Maldonado, 2021).

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de plaguicidas en zonas agrícolas cercanas al hábitat de perrito de la pradera mexicano permite su dispersión hasta llegar a los cuerpos de agua de los sitios donde se encuentran las colonias. Esto ha sido comprobado en estudios donde se ha determinado la presencia de plaguicidas en cuerpos de agua cercanos a zonas agrícolas, detectando plaguicidas como la ametrina, dimetoato y diazinón en la cuenca del río Ayuquila-Armería (México) (Rodríguez *et al.*, 2019).

Cuadro 5. Niveles de concentración de plaguicidas encontrados en muestras de suelo dentro de las colonias de perrito de la pradera (*C. mexicanus*) del estado de Nuevo León, México (mg/g). En negritas se presentan las concentraciones más altas que se determinaron (metamidofofos y glifosato).

Muestra	Clorpirifos	Metamidofofos	Malatión	Glifosato	Endosulfán	Imidacloprid	Deltametrina	Metomilo
Área 4	0.5	9.4	0.8	10.9	0.2	0.1	0.03	0.2
Artesillas	0.3	6	0.5	7.43	0.1	0.09	0.02	0.1
Artesillas 2	0.3	5.3	0.4	6.1	0.1	0.07	0.02	0.09
Artesillas 3	0.2	4.9	0.4	5.7	0.1	0.07	0.02	0.08
Artesillas 4	0.2	4.9	0.4	5.7	0.1	0.07	0.02	0.08
Artesillas 5	0.3	6.1	0.5	7.1	0.1	0.08	0.02	0.09
Cerca A3	0.2	3.6	0.3	8.7	0.08	0.05	0.01	0.06
La Concha SR	0.3	5.7	0.5	6.6	0.1	0.08	0.02	0.09
La Luz A3	0.2	3.8	0.3	7.9	0.09	0.05	0.01	0.06
Milagro	0.4	7.6	0.6	8.8	0.2	0.1	0.03	0.1
Navidad	0.4	7.1	0.6	8.3	0.2	0.09	0.02	0.1
Navidad 2	0.4	7.2	0.5	8.4	0.2	0.1	0.02	0.1
Providencia	0.3	6.6	0.5	7.7	0.1	0.09	0.02	0.1
Raíces-B	0.4	7.6	0.6	8.8	0.2	0.1	0.03	0.1
Refugio	0.2	4.3	0.3	5.8	0.1	0.06	0.01	0.7
Refugio 2	0.4	8.5	0.7	9.9	0.2	0.1	0.3	0.1
Salero	0.2	4	0.3	5	0.09	0.05	0.01	0.07
Salero 2	0.2	4.1	0.4	5	0.09	0.05	0.01	0.07
Sn. Joaquín-La Paz	0.2	3.3	0.3	7.8	0.07	0.04	0.01	0.06
San Roberto	0.4	8.7	0.7	10	0.2	0.1	0.3	0.1
San Roberto A42	0.2	5	0.4	-	0.1	0.07	0.02	0.08
San Roberto A4	0.3	7.1	0.6	8.3	0.2	0.09	0.2	0.1
Seis de enero	0.2	5	0.4	8.9	0.1	0.07	0.2	0.8
Seis de enero 2	0.2	3.7	0.3	4.2	0.08	0.05	0.01	0.06
Serma	0.4	8	0.7	10	0.2	0.1	0.03	0.1
Serma 2	0.2	3.2	0.3	6.9	0.07	0.04	0.01	0.05

Cuadro 5. Continuación...

Muestra	Clorpirifos	Metamidofos	Malatión	Glifosato	Endosulfán	Imidacloprid	Deltametrina	Metomilo
San José C	0.2	4.7	0.4	5.4	0.1	0.06	0.02	0.08
Soledad 1	0.4	7.2	0.6	8.3	0.2	0.1	0.2	0.1
Soledad 2	0.4	7.5	0.6	8.6	0.2	0.09	0.03	0.1
Tokio	0.3	5.2	0.4	6.07	0.1	0.07	0.02	0.09
Tokio Raíces	0.3	6.5	0.5	7.5	0.1	0.9	0.2	0.1
Tokio 2	0.5	9	0.8	11.43	0.2	0.1	0.03	0.2

Cuadro 6. Niveles de concentración de plaguicidas en muestras de suelo en colonias de perrito de la pradera (*C. mexicanus*) del estado de Coahuila, México (mg/g).

Muestra	Clorpirifos	Metamidofos	Malatión	Glifosato	Endosulfán	Imidacloprid	Deltametrina	Metomilo
Ángeles	0.4	9	0.7	10.93	0.2	0.1	0.03	0.1
Ángeles 2	0.4	8	0.6	9	0.2	0.1	0.03	0.1
Artesillas	0.4	8.5	0.6	9.8	0.1	0.1	0.03	0.1
Cercado	0.4	9	0.7	10.3	0.2	0.1	0.03	0.1
Cercado 2	0.2	5	0.4	5.9	0.1	0.07	0.02	0.08
Cercado R	0.5	10.33	0.8	11.9	0.2	0.1	0.03	0.1
E. Guzmán	0.4	8.5	0.6	9.8	0.1	0.1	0.03	0.1
E. Guzmán 2	0.23	5	0.4	5.6	0.1	0.06	0.02	0.08
El Fraile	0.5	9.9	0.8	11.5	0.2	0.1	0.03	0.2
Guadalupe Victoria	0.5	10.11	0.8	11.7	0.2	0.1	0.03	0.1
Huron	0.3	6.5	0.5	7.53	0.1	0.09	0.02	0.1
India	0.4	8.3	0.7	9.7	0.2	0.1	0.03	0.1
India 2	0.5	10	0.8	11.6	0.2	0.1	0.03	0.2
Las Hormigas	0.45	9.4	0.8	10.8	0.2	0.1	0.03	0.2
Las Hormigas 2	0.5	10.2	0.8	11.8	0.2	0.1	0.03	0.2
Puyas	0.5	10.55	0.8	12.2	0.2	0.1	0.04	0.2
Puyas 2	0.3	6	0.5	7.07	0.1	0.08	0.02	0.1
Sn. Juan del Retiro	0.6	11.6	0.9	13.5	0.3	0.2	0.04	0.2
Sn. Juan del Banco	0.37	7.5	0.6	8.7	0.1	0.1	0.03	0.1
Sn. Juan del Banco C	0.3	6.7	0.5	7.8	0.2	0.09	0.02	0.1
Tanque	0.5	9.3	0.7	10.7	0.2	0.1	0.03	0.2
Venado	0.5	10.2	0.8	12	0.2	0.1	0.03	0.2
Venado 2	0.5	9.6	0.7	11	0.2	0.1	0.03	0.2

Detección de plaguicidas en suelo

Las concentraciones de glifosato que se determinaron en suelo, sobrepasan las ya reportadas, esto se debe a que el glifosato tiene gran afinidad por los suelos con mayor capacidad de adsorción (Maitre *et al.*, 2008). Se han reportado concentraciones hasta de 0.025 a 0.050 mg/kg-1 en suelos agrícolas (Pazikowska-Sapota *et al.*, 2020). En cuanto al endosulfán las concentraciones fueron mayores que lo reportado por Leal *et al.* (2013), quienes obtuvieron concentraciones de entre 1 y 9 $\mu\text{g kg}^{-1}$, no sobrepasando el LMP de 40 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

Para los plaguicidas malatión, clorpirifos, imidacloprid, deltametrina y metomilo se obtuvieron concentraciones más bajas al igual que en las muestras de agua, lo que concuerda con los resultados reportados para muestras de suelos en cultivos de chile y papa en Coahuila y Nuevo León con rangos de 0.33 a 4.8 $\mu\text{g/g}$ (Maldonado, 2021). Los plaguicidas detectados con menor concentración pertenecen a los grupos de los organoclorados, piretroides y carbamatos, esto debido a que son menos utilizados en las zonas agrícolas de la región; además, de ser menos persistentes en el ambiente (Flores *et al.*, 2018).

Efecto de los plaguicidas en el perrito de la pradera

En México el glifosato (IV), metamidofos (II), malatión (IV), deltametrina (III), endosulfán (II), metomilo, clorpirifos (III) e imidacloprid (IV), se encuentran dentro de los plaguicidas altamente peligrosos autorizados, siendo los de categoría I los más peligrosos hasta la V los menos peligrosos (Bejarano, 2017). El glifosato y el metamidofos presentes en mayor concentración en las muestras tanto de suelo como de agua, presentan un riesgo para el perrito de la pradera, ya que están en contacto directo con el suelo y pueden llegar a consumir agua de los estanques cercanos. El glifosato es un herbicida no selectivo y tiene la capacidad de matar cualquier tipo de planta, interfiriendo en la disponibilidad y calidad de alimento para los perritos de la pradera (Gálvez Gamboa *et al.*, 2018; Ramírez, 2021).

Los plaguicidas en el suelo mantienen ciertas interacciones, la persistencia en este medio

puede variar según la composición del plaguicida, pero pueden llegar a permanecer por semanas, meses o años (INTÁGRI, 2017). La contaminación en el suelo sobre todo de organofosforados como el metamidofos y glifosato, repercuten de forma directa a la fauna silvestre, afectando principalmente las funciones del sistema endócrino (Monsalve, 2019). Los organofosforados se absorben al contacto con la piel y mucosas, actúan inhibiendo la Acetilcolinesterasa (AcE), la cual es una enzima que hidroliza a la acetilcolina, que es un neurotransmisor. La forma de acción de estos plaguicidas es el bloqueo de la transmisión nerviosa en los organismos (Restrepo y Guerrero, 1978). Debido a su toxicidad, la exposición a largo plazo en la fauna puede provocar fallas reproductivas afectando su fertilidad y fecundidad, causar disrupción endócrina, reducir los periodos de vida de los organismos, provocar cambios en las tasas de desarrollo y en la proporción de sexos, afectar su inmunotoxicidad, así como provocar un comportamiento alterado en los individuos. Existen algunas evidencias de las afectaciones que los plaguicidas pueden causar en mamíferos, reportando una mayor mortalidad de individuos en áreas cercanas a zonas agrícolas. El principal efecto directo que se ha detectado en poblaciones de vertebrados es la disminución de sus poblaciones por envenenamiento agudo (Lozano, 2017).

Se han reportado niveles bajos de la enzima acetilcolinesterasa en la sangre de individuos de *C. mexicanus* en el estado de Coahuila, lo que sugiere la presencia de residuos tóxicos de plaguicidas en la sangre (Cabrera, 1995). Por lo tanto, se puede referir que los residuos encontrados en suelo y agua pueden ser absorbidos por distintas vías y estas pueden ser simultáneas, por vía dérmica, digestiva y respiratoria. La vía dérmica se considera una de las más importantes, ya que dependiendo de la superficie de piel expuesta es la cantidad que se puede absorber (Ortiz *et al.*, 2014). Los perritos de la pradera al encontrarse directamente en contacto con el suelo contaminado están expuestos a absorber los plaguicidas y aún más debido a que presentan hábitos de forrajeo y remueven la tierra para consumir las raíces y plántulas (Chi-Coyoc *et al.*, 2016). Se ha demostrado que la fauna cercana a las zonas de cultivos como ratones silvestres, presentan residuos de plaguicidas en cerebro, hígado y corazón (Chi-Coyoc *et al.*, 2016).

Las afectaciones que causan los plaguicidas en la fauna silvestre se intensifican debido a los procesos de biomagnificación, ya que estos se pueden bioacumular a bajas concentraciones al principio de la cadena trófica, aumentando su concentración a medida que ésta asciende. En consecuencia si los individuos de *C. mexicanus* contienen en su organismo residuos de plaguicidas, estos pueden mantenerse y biomagnificarse en sus depredadores, afectando a toda la cadena trófica (Jáquez *et al.*, 2013). También pueden causar la muerte de insectos benéficos para los cultivos, los cuales son de gran importancia para el control de las poblaciones de plagas que atacan las plantaciones (Toledo, 2019). Además provocan la reducción de poblaciones de polinizadores, los plaguicidas que más afectan a los insectos polinizadores son los organofosforados, ya que son neurotóxicos y afectan el aprendizaje de las abejas así como sus estadios larvarios (Botías y Sánchez-Bayo, 2018).

Para la comprobación de la presencia de residuos de plaguicidas en el organismo de los perritos de la pradera es necesario el sacrificio de los individuos; sin embargo, esta acción no es deseable debido a que esta especie se encuentra en peligro de extinción y presenta una distribución de solo el 24.6% a comparación de su distribución histórica (SEMARNAT, 2018), por lo que se optó por determinar la presencia de residuos de plaguicidas en su hábitat. Si bien los resultados de este estudio no demuestran la presencia de plaguicidas directamente en el organismo de la especie en estudio, sí representa una evidencia importante de que los plaguicidas están presentes en suelo y agua dentro de su hábitat (Dallegrave *et al.*, 2007). Cabe mencionar que los resultados obtenidos en este estudio son parte de un proyecto de investigación más amplio, el cual comprende la determinación de plaguicidas en herbáceas consumidas por *C. mexicanus* y el análisis de sus heces, lo que permitirá obtener una mayor certeza de la presencia de residuos de plaguicidas en el organismo del perrito de la pradera.

Es importante mencionar que esta especie actualmente se encuentra en peligro de extinción dentro del territorio mexicano y debido a ello resulta de gran importancia y urgencia, tomar acciones que ayuden a disminuir las afectaciones causadas por las actividades agrícolas sobre las colonias que aún sobreviven. Los resultados obtenidos en este estudio propor-

cionan información valiosa como base para la generación de estrategias con el fin de evitar la reducción de las poblaciones de *C. mexicanus* mediante el buen uso y manejo de plaguicidas.

CONCLUSIONES

Se detectó la presencia de residuos de ocho plaguicidas pertenecientes a los grupos organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides y neonicotinoides, en suelo y agua de colonias de perrito de la pradera (*C. mexicanus*) en los estados de Coahuila y Nuevo León. El 100% de los plaguicidas analizados fueron encontrados en concentraciones mayores a las reportadas en otros estudios en las colonias de perrito llanero en los estados de Coahuila y Nuevo León, asociado a la presencia de zonas de cultivo. Los plaguicidas organofosforados metamidofos y glifosato fueron los que se detectaron con mayores concentraciones en todas las colonias muestreadas. No se cuentan con los LMP en México para los plaguicidas estudiados; sin embargo, las concentraciones de metamidofos y glifosato sobrepasan los LMP reportados en otros estudios.

Para identificar los efectos causados por los plaguicidas en las colonias de perrito de la pradera mexicano se recomienda el monitoreo de las colonias a largo plazo, con el fin de observar la mortalidad de los individuos, tomando en cuenta las fechas de aplicación de plaguicidas en los cultivos que se encuentran cerca. La mortalidad de individuos es una de las pruebas más notables; sin embargo, también se puede analizar la proporción de sexos, la producción de testosterona que tiende a reducirse en presencia de plaguicidas principalmente del glifosato, así como el análisis en los machos sobre su producción de espermatozoides que tienden a disminuir, además de producir espermatozoides anormales.

LITERATURA CITADA

- Bejarano, F. 2017. *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas En México, A.C. (RAPAM). [<http://ciudadanosenred.com.mx/en-mexico-se-usan-186-plaguicidas-altamente-peligrosos/>].
- Botías, C. y F. Sánchez-Bayo. 2018. Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizado-

- res. *Revista Ecosistemas*, 27:34-41. [<https://doi.org/10.7818/re.2014.27-2.00>].
- Cabrera, J.A. 1995. *Comparación hematológica de dos poblaciones de perrito de las parderas* (*Cynomys mexicanus*, Merriam, 1892) en el *Altiplano Mexicano*. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Biológicas/Posgrado en Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Carrera, M.A. 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.
- Chaparro-García, A.L., A. Quijano-Parra, R. Rodríguez-Martínez y L.F. Lizarazo-Gutiérrez. 2017. Desarrollo y validación de un método ambientalmente amigable para la determinación de carbofurano en suelos. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18:89-102. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:560].
- Chi-Coyoc, T., G.E. Segura, A.V. Moncada, J.A. Contreras, G.E. Castillo y J.L. Reyna. 2016. Plaguicidas organoclorados y anticolinérgicos en ratones silvestres en ecosistemas de humedales costeros del Golfo de México. *Therya*, 7:465-482. [<https://doi.org/10.12933/therya-16-422>].
- CONABIO. 2017. *Regiones terrestres prioritarias de México RTP-80*. Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad.
- Dallegrave, E., F.D. Mantese, R.T. Oliveira, A.J.M Andrade, P.R. Dalsenter y A. Langeloh. 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>].
- de Souza, R.M., D. Seibert, H.B. Quesada, F. de Jesus Bassetti, M.R. Fagundes-Klen y R. Bergamasco, R. 2020. Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 135:22-37. [<https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.035>].
- DOF (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 1988a. *Norma Oficial Mexicana NOM-AA-105-1988*. Plaguicidas determinación de residuos en suelo - método de toma de muestras. Diario Oficial de la Federación, 17 de mayo de 1998.
- DOF (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 1988b. *Norma Oficial Mexicana NOM-AA-104-1988b*. Plaguicidas. Determinación de residuos en agua. Método de toma de muestras. Diario oficial de la Federación.
- Esquivel-Valenzuela, B., J.A. Cueto-Wong, R.D. Valdez-Cepeda, A. Pedroza-Sandoval, R. Trejo-Calzada y O. Pérez-Veyna. 2019. Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35:25-33. [<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.02>].
- Flores, G.P., J.O. Orozco, F. Payán y G. Alarcón. 2018. Naturaleza y acciones de los plaguicidas organofosforados sobre el ambiente y la salud. *Sociedades Ruales, Producción y Medio Ambiente*, 18:28-35.
- Gálvez Gamboa, G.T., M.R. Sánchez Servín, F. Parra Cota, J. García Pereyra, G. Aviña Martínez y S. Santos Villalobos. 2018. Plaguicidas en la agricultura mexicana y potenciales alternativas sustentables para su sustitución. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 6:61-75. [<https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v6i1.138>].
- INTAGRI. 2017. *Evolución de Plaguicidas en el Suelo*. [Internet], Serie Suelos Núm. 35, México, Artículos Técnicos de INTAGRI. Disponible en <<https://www.intagri.com/articulos/suelos/evolucion-de-plaguicidas-en-el-suelo>> [Consultado el 16 de julio de 2022].
- Jáquez, S. V., L. S. González, I. Campuzano y V. Ortega. 2013. *Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente*. Centro Interdisciplinario de Investigación Para El Desarrollo Integral Regionla, Unidad Durango Del Instituto Politécnico Nacional. [<http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16959>].
- Leal, S.D., A.I. Valenzuela, M.D.L. Quintanar, Gutiérrez, M.C. Bermúdez, J. García, M.L. Aldana, P. Grajeda, M.I. Silveira, M.M. Meza, A. Palma, G.N. Leyva, B.O. Camarena y C.P. Valenzuela. 2013. Residuo de plaguicidas organoclorados en suelos agrícolas. *Terra Latinoamericana*, 32:1-11.

- Lozano, E.S. 2017. Efecto del uso de agroquímicos en vertebrados silvestres effects of the use of agrochemicals in wild vertebrates. *II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología*, 1:1140-1148.
- Maitre, M.I., E. Lorenzatti, A. Lenardón y S. Enrique. 2008. Adsorción-Desorción de Glifosato en dos Suelos Argentinos. *Natura Neotropicalis*, 1:19-31. [<https://doi.org/10.14409/natura.v1i39.3866>].
- Maldonado, V., Y.M. Ochoa y E. Cerna. 2021. Residuos de plaguicidas en muestras de suelo y agua. *Interciencia* 46:156-161.
- Monsalve, S. 2019. Metales pesados, plaguicidas y efectos de los disruptores endocrinos en la salud humana y animal. *Medicina de La Conservación y Enfermedades de La Fauna Silvestre*, 4:70-80.
- Moo-Muñoz, A.J., E.P. Azorín-Vega, N. Ramírez-Durán y M.P. Moreno-Pérez. 2020. Estado de la producción y consumo de plaguicidas en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23:1-11.
- Muñiz-Valencia, R., J.B. Leyva-Morales, J.M. Jurado Jurado, O.R. Sarabia-García, J.V. Hernández Madrigal, S.G. Ceballos-Magaña, y I.C. Bejarano Ramirez. 2019. Determinación de plaguicidas en suelo agrícola mediante extracción en fase sólida y cromatografía de líquidos de alta eficiencia (HPLC) acoplada a un detector de arreglo de diodos (DAD). *Acta Universitaria*, 29:1-14. [<https://doi.org/10.15174/au.2019.2287>].
- Ochoa, J.J. 2021. *Dinámica de la salud del pastizal en colonias de perrito de la pradera (Cynomys ludovicianus) en Janos, Chihuahua*. Tesis de Maestría, Facultad de Zootecnia/ Posgrado en Ciencias, Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Ortiz, M.L., E. Sánchez, L.J. Folch, A. Olvera y E. Dantán. 2014. Plaguicidas: generalidades, usos e impactos sobre el ambiente y la salud. *Universidad Autónoma Del Estado de Morelos, September*, 2016:11-35.
- Pazikowska-Sapota, G., K. Galer-Tatarowicz, G. Dembska, M. Wojtkiewicz, E. Duljas, S. Pietrzak y L.A. Dzierzbicka-Głowacka. 2020. The impact of pesticides used at the agricultural land of the Puck commune on the environment of the Puck Bay. *PeerJ*, 3:1-21. [<https://doi.org/10.7717/peerj.8789>].
- Ramírez, F. 2021. El herbicida glifosato y sus alternativas. *Universidad Nacional, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas*, 1:1-29.
- Restrepo, M. y E. Guerrero. 1978. Los plaguicidas organofosforados. *Acta Médica Colombiana*, 4:23-47.
- Rodríguez, B. A., L. M. Martínez, A.A. Peregrina, C.I. Ortiz y O.G. Cárdenas. 2019. Análisis de residuos de plaguicidas en el agua superficial de la cuenca del río Ayuquila-Armería, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 37:151. [<https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.462>].
- Rumschlag, S.L., M.B. Mahon, J.T. Hoverman, T.R. Raffel, H.J. Carrick, P.J. Hudson y J.R. Rohr. 2020. Consistent effects of pesticides on community structure and ecosystem function in freshwater systems. *Nature Communications*, 11:1-9. [<https://doi.org/10.1038/s41467-020-20192-2>].
- Sánchez, J.M. y G. Ettiene. 2005. Determinación de glifosato en muestras de agua en la Cuenca del Río Catatumbo. *Ciencia*, 13:211-217.
- 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, 30 de diciembre de 2010.
- SEMARNAT. 2018. *Programa de Acción para la Conservación de las Especies Perrito Llanero de Cola Negra (Cynomys ludovicianus) y Perrito Llanero Mexicano (Cynomys mexicanus)*. SEMARNAT/CONANP.
- SIAP. 2018. *Coahuila*. Infografía Alimentaria 2018.
- Sierra-Cortés, J.C., S. Vega y León, R. Gutiérrez-Tolentino R., Ortíz-Salinas, J.J. Pérez-González y A.C. Escobar-Medina. 2019. Plaguicidas organoclorados en agua de la

Laguna Negra de Puerto Marqués, Acapulco, Guerrero, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35:397-406. [<https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.11>]

Toledo, C.E. 2019. Los plaguicidas: aliados contra la biodiversidad de los insectos benéficos. *Análisis de La Realidad Nacional*, 142:76-85.