



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2024; 15:1-12. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2024.1>  
Nota de pesquisa. Recebido:31/05/2023. Aceito:13/12/2023. Publicado:16/01/2024. Chave: e2023-16.  
<https://www.youtube.com/watch?v=EQk9KZbxaVI&t=32s>

## Pesticidas detectados em solo de colônias de *Cynomys mexicanus* em San Luis Potosí e Zacatecas, México

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



Cano-García Arely <sup>ID</sup>, Cerna-Chávez Ernesto\* <sup>ID</sup>, Ceballos-Ceballos Augusto <sup>ID</sup>,  
Ochoa-Fuentes Yisa <sup>ID</sup>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología Agrícola, Saltillo, Coahuila, México. \*Autor de correspondência: 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

### RESUMO

O cão-da-pradaria (*Cynomys mexicanus*) é um roedor endêmico das pastagens do norte do México, considerado uma espécie-chave para a manutenção de seu ecossistema. O principal problema que ele enfrenta é o aumento da fronteira agrícola, o que significa que ele está constantemente exposto a produtos químicos usados em áreas agrícolas próximas, como pesticidas. O objetivo deste estudo foi detectar e quantificar resíduos de pesticidas em amostras de solo de colônias de *C. mexicanus* nos estados de Zacatecas e San Luis Potosi. Um total de 5 amostras de solo foi analisado por Cromatografia Líquida de Alto Desempenho (HPLC). Oito pesticidas foram detectados em 100 % das amostras analisadas, das quais o glifosato e o metamidofós apresentaram concentrações mais altas, de até 5,5 mg/g e 4,8 mg/g, respectivamente. Os resultados mostram que altas concentrações dos pesticidas mencionados são encontradas no solo em comparação com as detectadas em outros estudos e mais altas do que a LD<sub>50</sub> estabelecida para ambos os pesticidas. Portanto, o solo é uma importante fonte de exposição e meio de entrada no organismo do *C. mexicanus*.

**Palavras-chave:** solo, pesticidas, *Cynomys mexicanus*, cromatografia líquida de alta eficiência, 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 Zacatecas and San Luis Potosí states. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) analyzed five soil samples. 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 DL<sub>50</sub> 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.



## INTRODUÇÃO

O consumo de pesticidas no México aumentou drasticamente; entre 2000 e 2016, aumentou entre 57 e 65 %; em 2017, estima-se que foram produzidas mais de 106.000 toneladas de pesticidas, sendo os fungicidas os mais produzidos, seguidos pelos inseticidas e, por fim, pelos herbicidas (Moo-Muñoz *et al.*, 2020). O aumento da demanda por esses produtos levou à sua produção maciça, refletindo o uso excessivo pelos produtores, causando a contaminação dos ecossistemas próximos (Blanco *et al.*, 2020). Os pesticidas, de acordo com sua composição química, mantêm certas propriedades, como persistência, bioacumulação e biomagnificação, toxicidade e volatilidade. Por isso, eles podem ser transportados para locais diferentes de onde são aplicados e podem permanecer presentes no solo, em corpos d'água, podem se bioacumular em plantas e tecidos animais e podem se biomagnificar por meio da cadeia alimentar (Cantú *et al.*, 2019; Flores *et al.*, 2018; García *et al.*, 2018).

Por terem a capacidade de se acumular nos organismos dos animais, os pesticidas podem causar danos às suas funções, como termorregulação, comportamento (forrageamento), aprendizado e capacidade reprodutiva, principalmente em aves e mamíferos (Chi-Coyoc *et al.*, 2016). Também pode suprimir o sistema imunológico, causar malformações em fetos, causar desregulação endócrina e levar à morte em caso de envenenamento agudo (Blanco *et al.*, 2020). Por outro lado, pode ter um impacto na dinâmica populacional, pois a alteração dos processos mencionados acima pode reduzir as taxas de sobrevivência, diminuindo assim as populações de animais selvagens (Badii *et al.*, 2006). Há evidências da presença de pesticidas em animais; resíduos de DDT foram encontrados em tecidos de baleias, golfinhos e leões marinhos. Dieldrin foi detectado em ovos de tartaruga e sangue de crocodilo, DDE,  $\Sigma$ HCH e  $\Sigma$ endosulfan foram detectados em penas e ovos de aves (García *et al.*, 2018). Organoclorados como o DDT foram detectados em alguns pequenos mamíferos, como camundongos (Chi-Coyoc *et al.*, 2016).

Um dos animais em contato direto com pesticidas é o cão-da-pradaria mexicano (*Cynomys mexicanus*), um roedor diurno característico das pastagens, endêmico do norte do México e ameaçado de extinção de acordo com a NOM059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

O cão-da-pradaria mexicano é considerado uma espécie-chave para a manutenção de seu ecossistema, pois proporciona vários benefícios ao seu habitat. Por meio da construção de suas tocas, ele aumenta a capacidade de infiltração de água, a oxigenação e a incorporação de matéria orgânica, mantendo a altura da vegetação, o que é favorável para outras espécies de pastagens, como as aves. Atualmente as populações estão ameaçadas devido ao aumento da fronteira agrícola, a área de distribuição diminuiu



drasticamente em até 73 % em relação à sua distribuição histórica (SEMARNAT, 2018). A distribuição dessa espécie é restrita a uma área onde convergem os estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí e Zacatecas. Os estados de San Luis e Zacatecas têm o menor número de colônias; até 2008, 12 colônias ativas foram relatadas em San Luis Potosí e em Zacatecas foi considerada extinta, mas foi reintroduzida e atualmente há uma colônia ativa (Carrera, 2008; Medellín & Bárcenas, 2021). Como as colônias são frequentemente encontradas perto de áreas de cultivo, é de grande importância detectar se há pesticidas presentes no solo onde suas tocas estão localizadas e determinar a concentração da substância, a fim de analisar se ela pode ser considerada um fator no declínio das populações.

## MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem foi realizada em maio de 2022, de acordo com a localização das colônias nos estados de Zacatecas e San Luis Potosí (Carrera, 2008). Dois pontos de amostragem foram determinados no estado de Zacatecas, no ejido de Tanque Nuevo, tomando como referência os relatórios da PROFUAUNA A.C. para a localização, já que nesse estado a espécie já era considerada extinta, a amostragem foi realizada em uma colônia recentemente reintroduzida. Para San Luis Potosí, foram amostradas três colônias localizadas no município de Vanegas, duas na localidade de El Gallo e uma na localidade de Vanegas (Tabela 1). Como a maioria das colônias em San Luis Potosí está localizada em fazendas particulares, não foi possível acessar todas as colônias; um total de 12 colônias foi relatado no estado (Carrera, 2008; Medellín & Bárcenas, 2021).

**Tabela 1. Coordenadas UTM dos locais de amostragem de solo em colônias de cães da pradaria mexicana nos estados de Zacatecas e San Luis de la Plata**

Estado	Amostra	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

As amostras de solo foram coletadas de acordo com a metodologia estabelecida pela Norma Oficial Mexicana NOM-AA-105-1988 para a análise de pesticidas no solo. Para isso, foram coletadas subamostras de aproximadamente 100 g de solo dentro das colônias, usando um padrão em ziguezague na tentativa de cobrir a maior área possível (DOF, 1988).



Deve-se esclarecer que as amostras foram coletadas dos montes de tocas e do solo solto dentro das tocas, tomando cuidado para não destruir os montes, que servem de torre de vigia para os indivíduos, a fim de evitar impacto no habitat.

Oito pesticidas (clorpirifós, metamidofós, glifosato, endosulfan, imidaclopride, deltametrina e metomil), incluindo compostos organofosforados, organoclorados, carbamatos e piretróides, foram escolhidos para identificação. Esses pesticidas são usados regularmente em plantações de milho, tomate e batata, culturas presentes nas áreas de estudo (Flores *et al.*, 2018).

Para a extração dos pesticidas, foi utilizada a técnica de Soxhlet (Maldonado, 2021), usando 15 g de solo e 180 ml de hexano como solvente, permitindo 5 ciclos para cada extração. O produto final foi evaporado e reconstituído com água destilada para análise posterior.

Para identificação e quantificação, foi feita uma curva de calibração para cada pesticida e seis diluições padrão foram preparadas com concentrações que variaram de 0,001 mg/mL a 0,5 mg/mL em água destilada. Essas diluições foram injetadas no HPLC e os valores de área foram plotados para determinar a equação da linha e determinar o coeficiente de determinação. Com esses valores, foi realizada a quantificação dos pesticidas detectados nas amostras.

Para a detecção e quantificação dos pesticidas, foi utilizada a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com um detector UV-Vis Agilent série 1100, com uma coluna Agilent Varian Pursuit de 5 mm de diâmetro, 150 mm de comprimento e 4,6 mm de diâmetro de partícula a uma temperatura de 25,5 °C. Acetonitrila (A) e água de grau HPLC (B) foram usadas em uma taxa de fluxo mantida em 0,5 mL/min em um volume de injeção de 20 µL. A detecção foi realizada em um comprimento de onda de 234 nm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram detectados resíduos de pesticidas em todas as amostras analisadas dos estados de Zacatecas e San Luis Potosi. Em Zacatecas, o glifosato foi detectado em concentrações mais altas em comparação com os outros pesticidas detectados, com valores de 5,3 mg/g e 5,4 mg/g. No estado de San Luis Potosi, o glifosato também foi detectado em concentrações mais altas, com valores entre 4,9 e 5,5 mg/g, e essas faixas foram semelhantes às detectadas no estado de Zacatecas (Tabela 2 e 3). Concentrações de glifosato já foram detectadas em colônias nos estados de Coahuila e Nuevo León, onde os níveis de glifosato foram mais altos do que neste estudo, variando de 4,2 a 13,5 mg/g (Cano-García *et al.*, 2022). Níveis muito mais baixos do herbicida, de até 0,026 mg/g, foram detectados em solos agrícolas na Venezuela (Rojas-Fernández *et al.*, 2019). A presença de glifosato em concentração mais alta em todas as amostras analisadas pode ser devida ao uso frequente desse produto para o controle de ervas daninhas. No México, duas em cada três unidades de produção usam glifosato para o controle de ervas daninhas (Hernández *et al.*, 2021). Além disso, as propriedades químicas do glifosato lhe



conferem a capacidade de persistir no ambiente, pois é quimicamente estável e volátil, o que facilita sua dispersão no ambiente (Flores *et al.*, 2018).

O inseticida metamidofós também apresentou altas concentrações em comparação com as outras amostras, com valores de 4,5 e 4,7 mg/g para Zacatecas (Tabela 2). Esses resultados coincidem com faixas semelhantes para o estado de San Luis Potosi, onde foram detectadas concentrações de 4,3 a 4,8 mg/g (Tabela 3). O metamidofós é um inseticida pertencente ao grupo dos organofosforados. Esse pesticida tem um alto poder residual e é usado principalmente para o controle de ácaros em plantações de milho, batata, tomate e pimenta, que estão presentes na área de estudo (Iannacone *et al.*, 2007). Esse inseticida é classificado como altamente perigoso (classe Ib) de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020). Nos estados de Coahuila e Nuevo León, concentrações mais baixas de metamidofós do que as obtidas neste estudo foram detectadas em solos de plantações de batata e maçã, variando de 0,018 mg/g a 1,16 mg/g (Maldonado *et al.*, 2021). No entanto, nos estados de Coahuila e Nuevo León, em colônias de cães da pradaria, o metamidofós foi encontrado em concentrações mais altas, variando de 3,2 a 11,6 mg/g (Cano-García *et al.*, 2022).

Os pesticidas clorpirifós, malatião, endosulfan, imidaclopride, deltametrina e metomil foram detectados em concentrações mais baixas. O clorpirifós foi detectado a 0,2 mg/g e o malathion a 0,3 e 0,4 mg/g (Tabelas 2 e 3), em comparação com os detectados nos estados de Coahuila e Nuevo León em solo de batata e maçã, onde foram encontradas concentrações mais altas de clorpirifós, variando de 0,33 mg/ a 3,8 mg/g e malathion de 0,07 a 1,01 mg/g (Maldonado *et al.*, 2021).

**Tabela 1. Concentrações (mg/g) de pesticidas detectadas em amostras de solo obtidas de colônias de cães-da-pradaria nos estados de Zacatecas e San Luis Potosi**

Amostra	Clorpirifós	Metamidofós	Malatião	Glifosato	Endosulfan	Imidacloprida	Deltametrina	Metomilo
<b>M1 ZAC</b>	0.2	<b>4.5</b>	0.4	<b>5.3</b>	0.1	0.06	0.02	0.07
<b>M2 ZAC</b>	0.2	<b>4.7</b>	0.4	<b>5.4</b>	0.1	0.06	0.02	0.08

Se resaltan en negritas las concentraciones más altas. As concentrações mais altas estão destacadas em negrito



**Tabela 2. Concentrações (mg/g) de pesticidas detectadas em amostras de solo obtidas de colônias de cães-da-pradaria no estado de San Luis Potosi**

Amostra	Clorpirifós	Metamidofós	Malatião	Glifosato	Endosulfan	Imidacloprida	Deltametrina	Metomilo
<b>M1 SLP</b>	0.2	<b>4.8</b>	0.4	<b>5.5</b>	0.1	0.06	0.02	0.08
<b>M2 SLP</b>	0.2	<b>4.3</b>	0.3	<b>4.9</b>	0.09	0.06	0.01	0.07
<b>M3 SLP</b>	0.2	<b>4.6</b>	0.4	<b>5.4</b>	0.1	0.06	0.02	0.07

Se resaltan en negritas las concentraciones más altas. As concentrações mais altas estão destacadas em negrito

Os pesticidas aplicados nos campos de cultivo são dispersos no ambiente e podem estar presentes em diferentes elementos, como o solo, nesse caso. Isso faz com que organismos como o cão-da-pradaria e todos aqueles encontrados no habitat sejam diretamente expostos a esses produtos químicos, causando danos a indivíduos e populações. O glifosato é considerado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) como um pesticida de toxicidade classe II, sendo a classe I a mais tóxica (Salazar & Aldana, 2011). No México, o glifosato é um dos pesticidas considerados altamente perigosos com o maior número de registros autorizados na COFEPRIS (Bejarano, 2017). Ele tem uma toxicidade (oral em ratos) de LD<sub>50</sub> superior a 5000 mg kg<sup>-1</sup> e uma ingestão diária aceitável (IDA) de 0,3 mg kg<sup>-1</sup> (Salazar & Aldana, 2011). Se compararmos a concentração mais alta de glifosato detectada neste estudo, que foi de 5,5 mg/g presente no solo, ela é maior do que a DL<sub>50</sub> e a IDA. Estudos em ratos tratados diariamente com doses de 250 ou 500 mg/kg a uma concentração de 50 g/l (50 mg/mL) de glifosato, em tratamentos subcrônicos de seis semanas e crônicos de 12 semanas, causaram alterações na memória de reconhecimento e retenção. A exposição crônica teve efeito sobre a memória de trabalho, e foi demonstrada uma diminuição na atividade da enzima acetilcolinesterase (AChE) no cérebro de camundongos (Bali *et al.*, 2019).

Embora a ação do glifosato nas plantas se concentre na inibição da enzima 5-enolpiruvil chiquimato 3-fosfato sintetase, que os mamíferos não têm (Hernández *et al.*, 2021), o glifosato é considerado um pesticida anticolinérgico, pois impede a hidrólise da acetilcolina (ACh), um neurotransmissor, um processo realizado pela AChE. Isso faz com que a ACh se acumule nas terminações nervosas, levando à interferência nas funções termorregulatórias; no comportamento dos indivíduos, como tempo de forrageamento, capacidade de aprendizado, consumo de alimentos e água; pode causar perda de peso; problemas de desenvolvimento e baixo sucesso reprodutivo em mamíferos (Chi-Coyoc *et al.*, 2016; Dallegrave *et al.*, 2007; García, 2015; Salazar & Aldana, 2011). A presença de glifosato nos solos das colônias de *C. mexicanus*, embora não demonstre sua



presença em seus corpos, deixa claro que os pesticidas aplicados em culturas próximas são transportados para suas colônias, deixando-as cronicamente expostas, pois os resíduos podem permanecer por muito tempo; no caso do glifosato, verificou-se que até 21 meses após sua aplicação ele pode estar presente no solo (Simonsen *et al.*, 2008). Há poucos estudos realizados em mamíferos selvagens em que os resíduos de pesticidas são determinados, há poucos estudos que realmente demonstram os efeitos adversos dos pesticidas em mamíferos selvagens, a maioria dos danos é demonstrada em testes *in vitro* com ratos. Em contrapartida, foram realizados vários estudos com abelhas e aves, nos quais foi demonstrado que os pesticidas afetam as populações, reduzindo-as e causando danos à sua reprodução (Botías & Sánchez-Bayo, 2018; Martin-Culma & Arenas-Suárez, 2018; Cobos *et al.*, 2011).

Os pesticidas organoclorados são muito estáveis, persistentes no meio ambiente e têm alta capacidade de bioacumulação por serem lipossolúveis (Sierra-Cortés *et al.*, 2019). O endossulfan é um organoclorado e é considerado um poluente orgânico persistente (POP); suas propriedades lipofílicas permitem que ele se acumule nos tecidos gordurosos dos animais (Sharma *et al.*, 2012). Esse composto funciona como um antagonista do receptor GABA no Sistema Nervoso Central (SNC) de mamíferos; foi demonstrado que a exposição em ratas grávidas entre 12 e 22 dias com doses de 3 mg/kg causa perda de peso na mãe e na prole diminui a produção de esperma (Richardson *et al.*, 2019; Silva & Gammon, 2009).

Em ursos marrons e lobos cinzas na Croácia, os resíduos organoclorados de hexaclorobenzeno (HCB), isômeros de hexaclorociclohexano (a-, b- e c-HCH), 1,1-dicloro-2,2-di (4-clorofenil) etano (DDE), 1,1-dicloro-2,2-di(4-clorofenil) etano (DDD) e 1,1,1-tricloro-2,2-di(4-clorofenil) etano (DDT). As concentrações variaram de 0,45 a 4,09 ng/g em ursos e de 1,18 a 5,67 ng/g em lobos, essas concentrações foram consideradas baixas e não representam perigo para as espécies estudadas, ao contrário da concentração do inseticida organoclorado endossulfan detectado nas amostras de solo analisadas de 0,1 mg/g, que são muito mais altas (Romanić *et al.*, 2015). Descobriu-se que os pesticidas podem ser transportados para locais diferentes de onde são aplicados, chegando até mesmo a lugares mais altos, como montanhas, bioacumulando-se em pequenos mamíferos presentes. O endossulfam foi detectado em regiões de alta montanha no Brasil em concentrações que variam de 0,6 a 144 ng/g, equivalente a 0,000144 mg/g, o que está bem abaixo das concentrações detectadas neste estudo de 0,1 mg/g (Capella *et al.*, 2023). Na área do Golfo do México, no estado de Campeche, foram analisadas diferentes espécies de camundongos selvagens que foram expostas a pesticidas devido à sua proximidade com áreas agrícolas. O endossulfano foi detectado entre 4,62 e 2.899,5 ng/g, sugerindo que as concentrações podem causar danos a longo prazo, como estresse oxidativo, danos às células de diferentes órgãos, podem influenciar



a reprodução causando alterações nos espermatozoides e podem ser teratogênicas e até mesmo carcinogênicas (Chi-Coyoc *et al.*, 2016).

Um dos poucos estudos que documentou danos físicos em animais selvagens foi realizado em Uganda, onde foram estudadas populações de chimpanzés e babuínos com certas deformidades, como lábio leporino, deformidades nasais que variam de narinas afundadas a ausentes e vários graus de danos à pele. O estudo se concentrou na análise de amostras de sementes de milho e talos frescos que foram consumidos por chimpanzés e babuínos individuais. Os resultados mostraram que as sementes e os talos de milho continham concentrações de clorpirifós superiores ao Limite Máximo de Resíduo (LMR) de 0,372 mg/kg; o imidaclopride também foi detectado nas sementes em concentrações elevadas de até 460 mg/kg; essas concentrações são superiores às detectadas em amostras de solo de cães da pradaria, embora nenhum estudo tenha sido realizado diretamente em indivíduos, isso mostra que há exposição a pesticidas por meio dos alimentos (Krief *et al.*, 2017). O imidaclopride é um inseticida piretroide classificado como moderadamente perigoso pela OMS, com uma DL<sub>50</sub> de 450 mg/kg (OMS, 2020). Neste estudo, foram detectados até 60 mg/kg, portanto, a exposição de longo prazo dos cães-da-pradaria poderia causar problemas, pois foi demonstrado que doses inferiores à DL<sub>50</sub> do imidaclopride (31 mg/kg) podem afetar a homeostase da tireoide e a reprodução (Pandey & Mohanty, 2015). O clorpirifós também é considerado moderadamente perigoso com uma DL<sub>50</sub> de 135 mg/kg (OMS, 2020) e os resultados deste estudo excederam essas faixas, pois foram detectados 200 mg/kg.

### CONCLUSÕES

Oito pesticidas foram detectados em 100 % das amostras coletadas nos estados de Zacatecas e San Luis Potosí. O herbicida glifosato e o inseticida metamidofós apresentaram concentrações mais altas do que os outros pesticidas. A presença de glifosato no solo pode causar efeitos adversos no organismo do *C. mexicanus*, pois os compostos podem ser absorvidos pela pele. Embora esses resultados não demonstrem a presença de resíduos no corpo do cão-da-pradaria, está claro que eles estão presentes em seu habitat, e a exposição crônica pode estar causando danos às populações. Esses resultados fornecem informações importantes e fazem referência a um fator importante que pode estar influenciando o declínio das populações de cães-da-pradaria, como a atividade de aplicação de pesticidas em áreas agrícolas. Eles fornecem uma diretriz para ações de Manejo Integrado de Pragas para reduzir o impacto sobre a vida selvagem nos ecossistemas.



## 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 mexicano. *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. *Biotecnia*. 21(2):19–27. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.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](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](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](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>