

Determinación de ecotoxicidad de los agroquímicos utilizados en dos comunidades rurales de Guanajuato

Determination of ecotoxicity of agrochemicals used in two rural communities in Guanajuato.

Jesús de los Milagros Guerrero Rojas¹, Amezquita Hernández Daisy Karen¹, Ángel Gabriel Hernández Juárez², Ana Isabel Mireles Arriaga³, Jesús Hernández Ruíz³

¹Alumna, Licenciatura en Agronegocios, Departamento de Agronomía, DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato.

²Alumno, Escuela del Nivel Medio Superior de Irapuato, Universidad de Guanajuato.

³Profesor, Departamento de Agronomía, DICIVA, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato.

*Dirección de correo electrónico: hernandez.jesus@ugto.mx

Resumen

El uso de agroquímicos en la agricultura ofrece ventajas, como el control eficaz de plagas y enfermedades. No obstante, su utilización también conlleva peligros para el medio ambiente y la salud humana, los cuales pueden surgir tanto de manera accidental como por una gestión inadecuada. Por lo anterior, este trabajo realizó un estudio descriptivo basado en la determinación cualitativa de la ecotoxicología de los agroquímicos utilizados en dos localidades de Guanajuato. Se encuestó a productores agrícolas sobre el uso de agroquímicos, se realizó una base de datos para verificar los ingredientes activos en la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, y se evaluó la ecotoxicología total mediante una matriz cualitativa. El uso de agroquímicos en el área de estudio (Valencianita y Mezquitillo) registró un total de 69 productos, de los cuales 42 son pesticidas y 27 herbicidas. El ingrediente activo con mayor ecotoxicología total fue el metamidofos.

Palabras clave: ecotoxicología total, metamidofos, piretroides, antranílicas.

Introducción

La producción agrícola en diversas zonas y sistemas agrícolas del estado de Guanajuato depende en gran medida del uso de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades (Juárez-García et al., 2021; Nolasco-García et al., 2023). Sin embargo, su utilización también conlleva peligros para el medio ambiente y la salud humana, que pueden surgir tanto de manera accidental como por una gestión inadecuada (Mireles-Arriaga et al., 2023).

La evaluación de la ecotoxicidad de los agroquímicos es crucial debido a su potencial para afectar la biodiversidad del suelo, la calidad del agua y la salud de los organismos acuáticos y terrestres (Porcelli et al., 2007; Pedersen et al., 2003). Se ha demostrado que la presencia de compuestos químicos procedentes de los fertilizantes, pesticidas y herbicidas pueden llegar a cuerpos de agua a través de la escorrentía, afectando la calidad del agua y la salud de los organismos acuáticos, lo que subraya la importancia de comprender el posible impacto de los agroquímicos (Pedersen et al., 2003). Además, la persistencia de herbicidas, como el glifosato, en el suelo y su efecto negativo en los invertebrados destacan la necesidad urgente de evaluar la ecotoxicidad de los productos químicos utilizados en la producción agrícola (Druart et al., 2011).

La determinación de la ecotoxicidad de los agroquímicos utilizados en la producción agrícola es esencial para identificar posibles riesgos para el medio ambiente y la salud humana. Estudios han demostrado que la aplicación de fertilizantes y pesticidas puede contribuir a la contaminación del suelo y el agua, lo que subraya la importancia de evaluar los efectos de estos productos químicos en los organismos no objetivo y en los ecosistemas en general (González, 2024; Goritschnig, 2024). Además, la evaluación de la toxicidad aguda de los plaguicidas en peces resalta la necesidad de comprender los impactos de estos productos químicos en la vida acuática (Recchia et al., 2018). Por lo tanto, esta investigación se centrará en determinar la ecotoxicidad de los agroquímicos utilizados en los entornos de dos comunidades rurales.

Metodología

El área de estudio fue en las comunidades de Valencianita situado a 9.5 kilómetros de Irapuato, en dirección Sureste y El Mezquitillo, situado a 8.1 kilómetros de San Francisco del Rincón, en dirección Noreste, ambas son del estado de Guanajuato (Figura 1), el cual se localiza en la región centro-norte del país, limitando al norte con Zacatecas y San Luis Potosí, al este con Querétaro, al sur con Michoacán y al oeste con Jalisco (INEGI, 2017). En el estado, las actividades agrícolas se efectúan en 1.2 millones de hectáreas de las cuales poco más de 430 mil (36%) se cultivan bajo condiciones de riego. En cuanto a la superficie cosechada los principales cultivos son Maíz grano (43.1%), Sorgo grano (16.6%) y Frijol (7.3%), ocupando el 67.0% de las hectáreas disponibles. Por su parte, el Tomate rojo (jitomate) alcanzó un rendimiento de 96.7 t/ha, sin embargo, en todas se tiene el empleo de agroquímicos (Rodríguez, 2022).

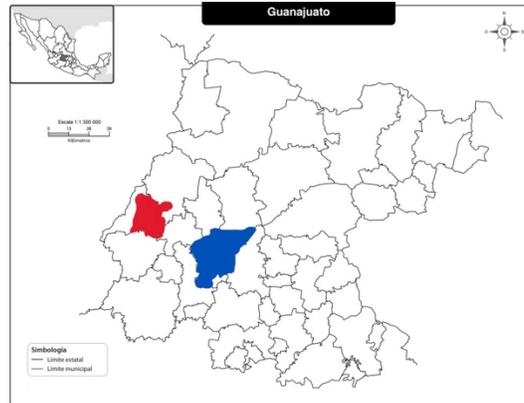


Figura 2. Ubicación de los municipios de Irapuato y San Francisco del Rincón.

La información sobre los agroquímicos más utilizados en las comunidades de estudios, se recabó con encuestas dirigidas a productores y trabajadores relacionados con la producción agrícola. Dicha encuesta se conformó por apartados correspondientes a: cultivo establecido, periodo, superficie, productos que utiliza para control de plagas (nombre comercial del producto, ingrediente activo, periodo y dosis que aplica), productos que se utilizan para control de malezas (nombre del producto, ingrediente activo, y dosis que aplica). Con la información recabada se elaboró un listado con los nombres comerciales para verificar el registro del producto comercial ante la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), e identificar el ingrediente activo y uso para el cual está registrado. Con el nombre del ingrediente activo se estimó su impacto ambiental basado en una matriz cualitativa (Tabla 1), para determinar ecotoxicología total se utilizó la fórmula propuesta por Míreles-Arriaga et al. (2023). Ecotoxicología total (**ET total**) = categorías toxicológicas (ET₁) + toxicidad en abejas (ET₂) + toxicidad en aves (ET₃) + toxicidad en peces (ET₄).

Tabla 1. Escala de valores utilizada para cada una de las variables

Categoría	Valor	Categoría	Valor
Categorías toxicológicas (ET ₁)		Toxicidad en abejas (ET ₂)	
IV Probablemente sin riesgo toxicológico	1	Virtualmente no tóxico	1
III Ligeramente tóxico	2	Ligeramente tóxico	2
II Moderadamente tóxico	4	Moderadamente tóxico	4
Ib. Altamente tóxico	6	Altamente tóxico	6
Ia. Altamente tóxico	8	Extremadamente tóxico	8
Toxicidad en aves (ET ₃)		Toxicidad en peces (ET ₄)	
Prácticamente no tóxico	1	Virtualmente no tóxico	1
Ligeramente tóxico	2	Ligeramente tóxico	2
Moderadamente tóxico	4	Moderadamente tóxico	4
Muy tóxico	6	Muy tóxico	6
Extremadamente tóxico	8	Extremadamente tóxico	8

Resultados

En la localidad de Valencianita, Irapuato se registró un total de 19 agroquímicos de los cuales 11 son pesticidas y 8 herbicidas. De los ingredientes activos que emplean los agricultores se registró que los que poseen una mayor ecotoxicología total son los metamidofos y el carbofuran (Tabla 2). Estos productos químicos, comúnmente utilizados como insecticidas, nematocidas y acaricidas en las prácticas agrícolas en todo el mundo (Gupta, 1994), plantean riesgos para la fertilidad del suelo, la salud humana y la sostenibilidad ambiental (Ukwu, 2024).

El uso de agroquímicos que contienen metamidofos puede resultar en la contaminación del suelo y el agua, lo que a su vez puede perturbar los ecosistemas, reducir la biodiversidad y amenazar la vida acuática (Anjaria, 2024; Peterson et al., 2017), la exposición a estos agroquímicos ha sido asociado con impactos negativos en la salud humana; tales como riesgos para la salud respiratoria, la salud reproductiva y el sistema nervioso, lo que plantea preocupaciones sobre la seguridad de su uso en la agricultura (Porcionato, 2023). Por su parte el carbofurano, ha sido ampliamente estudiado debido a su toxicidad y persistencia ambiental (Wijesinghe et al., 2011). Existe el reporte que la presencia de carbofurano en cuerpos de agua puede causar graves daños a los organismos acuáticos (Paraíba et al., 2007).

Tabla 2. Valores por categorías toxicológicas y ecotoxicología total, de agroquímicos empleados en Valencianita, Irapuato, Gto.

Ingrediente activo del agroquímico	Categoría toxicológica (ET1)	Toxicidad en abejas (ET2)	Toxicidad en aves (ET3)	Toxicidad en peces (ET4)	Ecotoxicología total (ET)
Metamidofos	2	8	8	8	26
Carbofuran	3	8	6	6	23
Dicloruro de paraquat	6	6	4	6	22
Fomesafen	4	6	4	6	20
Imidacloprid	2	8	4	6	20
Malation	4	6	4	6	20
Paraquat	4	6	4	6	20
Paraquat +Diuron	3	6	4	6	19
Alfacipermetrina+ Teflubenzuron	4	4	4	4	16
Clorotalonil	4	4	4	4	16
Etofenprox	4	4	4	4	16
Etofenprox	4	4	4	4	16
Picloram+2,4-D	4	4	4	4	16
Sulfoxaflor	2	6	4	4	16
Lufenuron	2	4	4	4	14
Sulfato De Cobre	2	4	4	4	14
Topramezona+Dicamba	2	4	4	4	14
Tritosulfuron+Dicamba	2	4	4	4	14
Clorotalonil+Metalaxil	2	4	4	4	14

En la localidad Mezquitillo, San Francisco del Rincón, se registró un total de 50 agroquímicos de los cuales 31 son pesticidas y 19 herbicidas. De los ingredientes activos que emplean los agricultores se registró que los que poseen una mayor ecotoxicología total son la mezcla de Imidacloprid+Bifentrina, Clorantraniliprol+Lambda Cyalotrina y Diflubenzuron+Lambda Cialotrina (Tabla 3). La aplicación indiscriminada de estos agroquímicos ha demostrado tener efectos adversos en la calidad del suelo, la biodiversidad agrícola y la seguridad alimentaria (Meena et al., 2020).

El Imidacloprid, un insecticida neonicotinoide ampliamente utilizado, ha demostrado acumularse en hongos con niveles letales para otros insectos, lo que subraya su impacto en los ecosistemas (Choudhury et al., 2020). Además, se ha observado que este afecta la biodiversidad microbiana del suelo, lo que puede tener consecuencias negativas en la salud del suelo y la producción agrícola (Yadav et al., 2022). Por su parte, la Bifentrina, un insecticida piretroide ampliamente utilizado, ha sido asociada con resistencia en insectos como el áfido *Rhopalosiphum padi*, lo que plantea preocupaciones sobre su efectividad a largo plazo (Wang et al., 2023).

La Lambda Cyalotrina, otro piretroide común, ha sido objeto de investigaciones que revelan su impacto en el desarrollo y sistema endocrino de organismos acuáticos como el pez cebra (Zhang et al., 2017). Esto resalta la importancia de considerar los efectos de estos agroquímicos en los ecosistemas acuáticos y la vida silvestre. El Clorantroliliprol, un insecticida de la clase de las diamidas antranílicas, ha sido evaluado en estudios de campo para el control de plagas como *Anoplophora glabripennis*, mostrando propiedades sistémicas y baja toxicidad para mamíferos (Poland et al., 2006). Sin embargo, es crucial considerar su impacto en organismos no objetivo y en la cadena alimentaria.

El Diflubenzurón, un regulador del crecimiento de insectos, ha sido objeto de investigaciones sobre su degradación en soluciones acuosas, lo que destaca la importancia de comprender su persistencia en el medio ambiente (Mbugua et al., 2022). La evaluación de los riesgos ambientales asociados con estos agroquímicos es fundamental para garantizar la protección de los ecosistemas y la salud humana. Estudios han demostrado que los neonicotinoides, como el Imidacloprid, plantean amenazas para polinizadores y organismos acuáticos, lo que subraya la necesidad de medidas de gestión adecuadas (Hladik et al., 2018).

Tabla 3. Valores por categorías toxicológicas y ecotoxicología total, de agroquímicos empleados en el Mezquitillo, San Francisco del Rincón, Gto.

Ingrediente activo del agroquímico	Categoría toxicológica (ET1)	Toxicidad en abejas (ET2)	Toxicidad en aves (ET3)	Toxicidad en peces (ET4)	Ecotoxicología total (ET)
Imidacloprid+Bifentrina	4	8	4	6	22
Clorantroliliprol+Lambda Cyalotrina	3	8	4	6	21
Diflubenzurón+Lambda Cialotrina	3	8	4	6	21
Lambda Cyhalotrina+Imidacloprid	3	8	4	6	21
Benzoato de Emamectina	2	8	4	6	20
Clorpirifos Etil	4	6	4	6	20
Diazinon	4	6	4	6	20
Malation	4	6	4	6	20
Paraquat +Diuron	3	6	4	6	19
Alfacerpermetrina+Teflubenzurón	4	4	4	4	16
2,4-D	4	4	4	4	16
Acetoclor	4	4	4	4	16
Atrazina	4	4	4	4	16
Azoxistrobin+Difenoconazol	4	4	4	4	16
Clorotalonil	4	4	4	4	16
Dicamba	4	4	4	4	16
Dicamba + Atrazina	4	4	4	4	16
Dimetenamida-P	4	4	4	4	16
Fenpyroximate	4	4	4	4	16
Glufosinato De Amonio	4	4	4	4	16
Imazapyr	4	4	4	4	16
Mancozeb	4	4	4	4	16
Nicosulfuron	4	4	4	4	16
Picloram+2,4-D	4	4	4	4	16
Pymetrozine	4	4	4	4	16
Pyraclostrobin+Boscalid	4	4	4	4	16
Tebuconazole+Azoxistrobin	4	4	4	4	16
Tembotrione	4	4	4	4	16
Cimoxanil+Clorotalonil	3	4	4	4	15
Cipermetrina	3	4	4	4	15
Tiodicarb+Triflumuron	3	4	4	4	15
Aminopyralid+2,4-D	2	4	4	4	14
Clorantroliliprol	2	4	4	4	14
Clorhidrato de oxitetraciclina+Sulfato de cobre pentahidratado	2	4	4	4	14
Lufenuron	2	4	4	4	14
Oxifluorfen	2	4	4	4	14
Spinosad	2	4	4	4	14
Tolpyralate	2	4	4	4	14
Topramezona+Dicamba	2	4	4	4	14
Tritosulfuron+Dicamba	2	4	4	4	14
Spinetoram	2	2	1	2	7
Sulfoxaflor	2	2	2	1	7
Azufre Elemental	2	1	1	1	5

Conclusión

El uso de agroquímicos en las dos localidades (Valencianita y Mezquitillo) registró un total de 69 productos, de los cuales 42 son plaguicidas y 27 herbicidas, la estimación cualitativa de la ecotoxicología total de los ingredientes activos que contienen los agroquímicos que se emplean muestra que el valor más alto lo poseen los plaguicidas en menor grado los herbicidas. El ingrediente activo con mayor ecotoxicología total fueron los metamidofos.

Referencias

- Anjaria, P. and Vaghela, S. (2024). Toxicity of agrochemicals: impact on environment and human health. *Journal of Toxicological Studies*, 2(1). <https://doi.org/10.59400/jts.v2i1.250>
- Choudhury, R., Sutherland, A., Hengel, M., Parrella, M., & Gubler, W. (2020). Imidacloprid movement into fungal conidia is lethal to mycophagous beetles. *Insects*, 11(8), 496.
- Druart, C., Millet, M., Scheifler, R., Delhomme, O., & Vaufleury, A. d. (2011). Glyphosate and glufosinate-based herbicides: fate in soil, transfer to, and effects on land snails. *Journal of Soils and Sediments*, 11(8), 1373-1384.
- González, M. A., Arenas, C. N., Ríos, J. A., Miranda, J., Bello, A. P., Botero, J., ... & Betancur, M. (2024). Life-cycle assessment in hydrangea cultivation in colombia and their cleaner production strategies. *Sustainability*, 16(2), 887.
- Goritschnig, L., Burtscher-Schaden, H., Durstberger, T., & Zaller, J. G. (2024). Ecotoxicity of pesticides approved for use in european conventional or organic agriculture for honeybees, birds, and earthworms. *Environments*, 11(7), 137.
- Gupta, R. C. (1994). Carbofuran toxicity. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 43(4), 383-418.
- Hladik, M. L., Main, A. R., & Goulson, D. (2018). Environmental risks and challenges associated with neonicotinoid insecticides. *Environmental Science & Technology*, 52(6), 3329-3335.
- INEGI. (2017). Información sobre Guanajuato. Obtenido de: https://www.inegi.org.mx/eventos/2017/imputacion/doc/info_gto.pdf#:~:text=Guanajuato%20est%C3%A1%20ubicado%20en%20la%20regi%C3%B3n%20centro-norte%20del,sur%20con%20Michoac%C3%A1n%20y%20al%20oeste%20con%20Jalisco.
- Juárez-García, R. A., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L. F., Ruiz-Nieto, J. E., González-Castañeda, J., & Hernández-Ruiz, J. (2021). Áreas geográficas susceptibles a *Fusarium oxysporum* en el cultivo de fresa en Guanajuato, México, 33(1), 51-58.
- Mbugua, J. K., Kinyua, A. M., Mbui, D., J., N. K., Wandiga, S., & Waswa, A. G. (2022). Microbial fuel cell bio-remediation of lambda cyhalothrin, malathion and chlorpyrifos on loam soil inoculated with bio-slurry. *American Journal of Environment and Climate*, 1(1), 34-41.
- Meena, R. S., Kumar, S., Datta, R., Lal, R., Vijayakumar, V., Brtnický, M., ... & Marfo, T. D. (2020). Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: a review. *Land*, 9(2), 34.
- Mireles-Arriaga, A. I., Hernández-Ruiz, J., Lachica, P. C. I., & Ruiz-Nieto, J. E. (2023). Ecotoxicology of agrochemicals used in valle de Santiago Guanajuato, Mexico: Ecotoxicología de agroquímicos utilizados em valle de Santiago Guanajuato, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(2), 1563-1572.
- Nolasco-García, L. I., Marín-León, J. L., Mireles-Arriaga, A. I., Ruiz-Nieto, J. E., & Hernández-Ruiz, J. (2023). Áreas geográficas susceptibles al virus rugoso del tomate (ToBRFV) en Guanajuato, México. *Bioagro*, 35(1), 13-20.
- Paraiba, L. C., Plese, L. P. d. M., Foloni, L. L., & Carrasco, J. M. (2007). Simulation of the fate of the insecticide carbofuran in a rice field using a level 4 fugacity model. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(1), 43-50.
- Pedersen, J. A., Yeager, M. A., & Suffet, I. H. (2003). Xenobiotic organic compounds in runoff from fields irrigated with treated wastewater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1360-1372.

- Peterson, E. M., Wooten, K. J., Subbiah, S., Anderson, T. A., Longing, S. D., & Smith, P. (2017). Agrochemical mixtures detected on wildflowers near cattle feed yards. *Environmental Science & Technology Letters*, 4(6), 216-220.
- Poland, T. M., Haack, R. A., Petrice, T. R., Miller, D. L., Bauer, L. S., & Gao, R. (2006). Field evaluations of systemic insecticides for control of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in China. *Journal of Economic Entomology*, 99(2), 383-392.
- Porcelli, C., Boriani, E., Roncaglioni, A., Chana, A., & Benfenati, E. (2007). Regulatory perspectives in the use and validation of QSAR. A case study: DEMETRA model for Daphnia toxicity. *Environmental Science & Technology*, 42(2), 491-496.
- Porcionato, I. D. S. and Filho, J. R. A. (2023). Negative impacts of the use of pesticides on human health. *International Journal of Health Science*, 3(97), 2-7. <https://doi.org/10.22533/at.ed.1593972327114>
- Recchia, L., Sarri, D., Rimediotti, M., Boncinelli, P., Cini, E., & Vieri, M. (2018). Towards the environmental sustainability assessment for the viticulture. *Journal of Agricultural Engineering*, 49(1), 19-28.
- Rodriguez, D. (24 de Noviembre de 2022). Obtenido de Producción agrícola en el estado de Guanajuato: <https://blogagricultura.com/estadisticas-agricolas-estado-guanajuato/>
- Ukwu, F. K. (2024). Agro-chemical use in crops in Ghana: multidimensional impacts and sustainable solutions. *Newport International Journal of Research in Medical Sciences*, 5(2), 4-6.
- Wang, S., Zuo, J., Zhang, X., Peng, X., Wang, K., & Chen, M. (2023). Characterization and fitness cost of bifenthrin resistance in *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 116(5), 1795-1803. <https://doi.org/10.1093/jee/toad143>
- Wijesinghe, M., Jayatilake, B., & Ratnassoriya, W. D. (2011). Solar radiation alters toxicity of carbofuran: evidence from empirical trials with *Duttaphyrnus melanostictus*. *Journal of Tropical Forestry and Environment*, 1(1).
- Yadav, P., Bhardwaj, M., Divya, V., Mansi, Y., Pooja, K., Sunita, D., ... & Kumar, K. S. (2022). Effect of imidacloprid on the microbial biodiversity of soils of selected zones of Haryana, India. *International Journal of Zoological Investigations*, 08(01), 610-622.
- Zhang, Q., Zhang, Y., Du, J., & Zhao, M. (2017). Environmentally relevant levels of λ -cyhalothrin, fenvalerate, and permethrin cause developmental toxicity and disrupt endocrine system in zebrafish (*Danio rerio*) embryo. *Chemosphere*, 185, 1173-1180.