

Familias químicas en el análisis de plaguicidas

Los plaguicidas, destinados a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, pueden clasificarse de diferentes formas. Una de las más comunes es por el propósito de su aplicación; así, se distinguen entre otros como microbicidas, dirigidos al control de plagas microbianas; zoocidas, para plagas animales; y herbicidas, para el control de malezas.

La acción de los plaguicidas sobre los organismos objetivo está dada por las sustancias químicas activas presentes en su formulación, denominadas **ingredientes activos** (Comunidad Andina, 2015). Entre los más conocidos se encuentran el glifosato, el mancozeb y la abamectina. Sin embargo, el mercado mundial de plaguicidas es diverso, con un registro de más de 1.800 moléculas (British Corp Production Council, 2025), debido, entre otras causas, al desarrollo de compuestos sintéticos orgánicos.

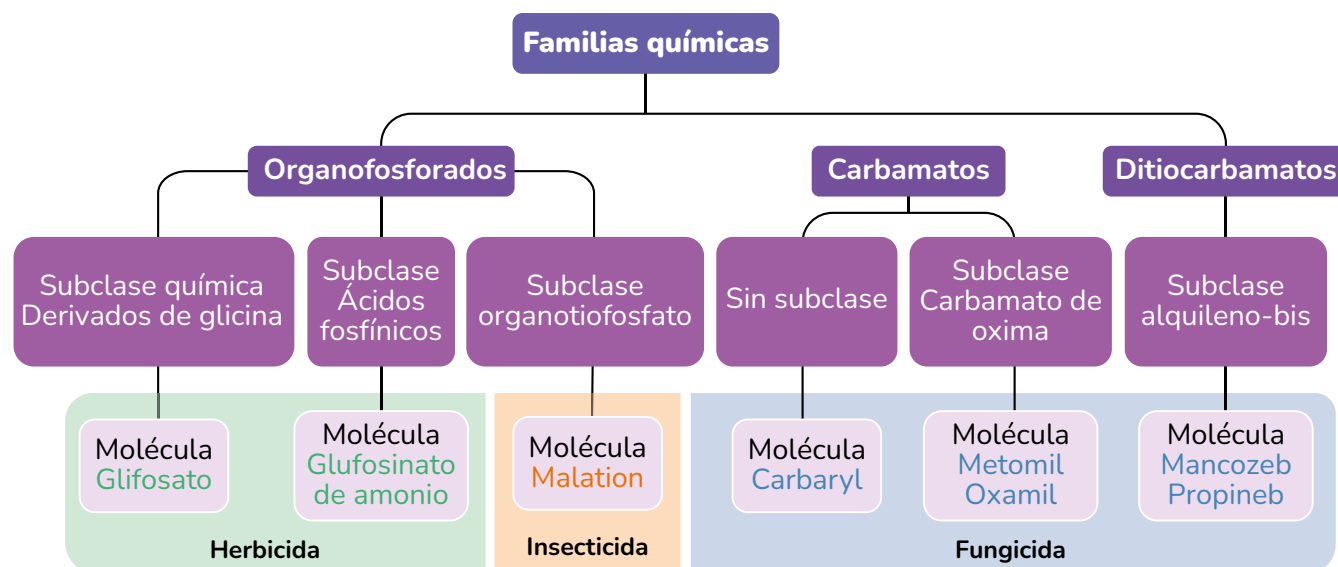
Una forma de agrupar los ingredientes activos es mediante **familias químicas**, de acuerdo con características comunes de su estructura molecular, como determinados esqueletos químicos y grupos funcionales. Esas similitudes permiten relacionar distintas moléculas con algunas propiedades fisicoquímicas que influyen en su comportamiento en el ambiente, y, en determinados casos, también con un modo de acción biológico relacionado.

Por estas razones, la familia química constituye un criterio de clasificación ampliamente utilizado en los ámbitos científico, regulatorio y comercial para organizar y comparar los plaguicidas más allá de su uso agronómico o de su formulación.

Pertenecer a una misma familia química no significa que los ingredientes activos compartan todas sus características agronómicas, toxicológicas, de modos de acción o comerciales. Por ello, esta clasificación, por sí sola, no permite considerarlos sustitutos directos ni inferir que tendrán el mismo comportamiento, eficacia o nivel de riesgo. Es importante mencionar que, además del ingrediente activo, otras sustancias hacen parte de la formulación de los plaguicidas, como son los ingredientes inertes, aditivos, o coadyuvantes, los cuales tienen también un rol importante y diferenciador en el desempeño, manejo y eficacia de cada producto.

En cuanto a los productos formulados que contienen dos o más ingredientes activos, los componentes pueden pertenecer a una o más familias químicas diferentes.

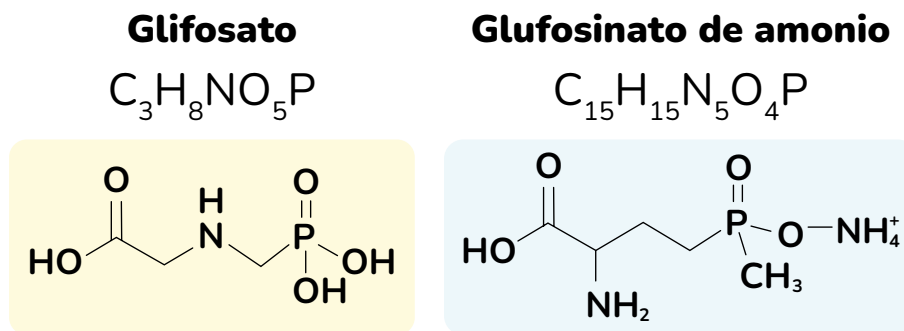
Gráfica 1. Algunas familias químicas y sus ingredientes activos representativos



Fuente: (British Corp Production Council, 2025).

* Aunque comparten estructuralmente el núcleo de la molécula, las cadenas adicionales unidas a ese núcleo alteran la forma como interactúa con los organismos vivos, por lo que varias moléculas están agrupadas químicamente, pero separadas funcionalmente.

Gráfica 2. Estructura química del glifosato y glufosinato de amonio



Fuente: (British Crop Production Council, 2025).

Utilidad de la agrupación por familias o grupos químicos

A continuación, se describen algunos usos de la agrupación por familias o grupos químicos.

Modo de acción (MoA) y resistencia

El MoA describe el sitio o proceso biológico sobre el que actúa una sustancia y los efectos que produce en el organismo objetivo. Como se mencionó, los ingredientes activos de una misma familia química, *en algunos casos* presentan un modo de acción bioquímico relacionado. Los programas de manejo integrado de plagas (MIP) recomiendan la alternancia de pesticidas de diferentes modos de acción (Sarwar, 2016), de acuerdo con criterios técnicos, con el fin de disminuir el riesgo y la velocidad en la que una plaga puede desarrollar *resistencia* —definida como un cambio heredable en la sensibilidad de una población, reflejada en la pérdida repetida de la eficacia de un producto para lograr el nivel de control esperado cuando se usa de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta— o *resistencia cruzada*, cuando este efecto se transfiere a otros productos con el mismo MoA o a otros químicamente relacionados (IRAC, 2026).

Para apoyar esta estrategia de manejo de la resistencia con la alternancia de plaguicidas, existen comités internacionales con participación de la industria y la academia, que los clasifican por grupos, según su modo de acción (MoA); subgrupos, que representan diferentes clases químicas con el mismo MoA, pero diferentes modos de interacción con el objetivo, e ingredientes activos. El Comité de Acción contra la Resistencia a los Fungicidas (FRAC, siglas en inglés de Fungicide Resistance Action Committee, 2026) clasifica fungicidas de acuerdo con su modo de acción bioquímico, perfiles de resistencia cruzada, grupos y familias químicas o biológicas. El Comité de Acción contra la Resistencia a los Insecticidas (IRAC, siglas en inglés de Insecticide Resistance Action Committee, 2026) clasifica insecticidas y acaricidas principalmente por modo de acción y subgrupo químico, donde el concepto de resistencia cruzada entre familias estructuralmente relacionadas es el núcleo de la clasificación. Por su parte, el Comité de Acción contra la Resistencia a los Herbicidas (HRAC, siglas en inglés de Herbicide Resistance Action Committee, 2026) clasifica herbicidas según su MoA, estructuras químicas comparables o síntomas dentro de los modos de acción.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de estas agrupaciones. Se observa que, dos sustancias pueden pertenecer a familias químicas diferentes y aun así afectar un mismo proceso biológico; así mismo, subgrupos químicos dentro de una familia pueden tener MoA diferentes.

Tabla 1. Principales familias químicas de moléculas sintéticas y sus características

Modo de acción (MoA)	Familia, subgrupo y clasificación por modo de acción	Características	Moléculas y grado toxicológico OMS*
Inhibe la acción de la enzima colinesterasa que tiene función nerviosa.	Carbamatos IRAC 1A	De efecto reversible en humanos.	Carbaryl (II) Methomyl (Ib) Thiodicarb (II) Oxamyl (Ia)
	Organofosfatos IRAC 1B	Su rango de toxicidad varía, tanto para insectos como para la salud humana	Acefato (II) Dimetoato (II) Malathion (III) Profenofos (II)
Moduladores de los canales de sodio. Generar temblores y parálisis	Piretroides IRAC 3A	Son análogos sintéticos de las piretrinas obtenidas de la flor de <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Bifentrina (II) Cipermetrina (II) Lambdacihalotrina (II) Permetrina (II)
Moduladores de receptores nicotínicos de acetilcolina. Alteran receptores de tipo muscular y neuronal.	Neonicotinoides IRAC 4A	Se puede acumular en el polen y néctar de plantas tratadas, por esto se asocian con toxicidad en abejas y polinizadores.	Acetamiprid (II) Imidacloprid (II) Thiamethoxam (II) Thiacloprid (II)
Neurotoxina agonista de la acetilcolina. Genera temblores y convulsiones.	Lactonas macrocíclicas <i>Espinosinas</i> IRAC 5	Producidos por fermentación de microorganismos del suelo.	Spinetoram (U) Spinosad (III)
Se une a varios sitios del canal de cloro, resultando en pérdida de funciones celulares e impulsos nerviosos, paralizando a los insectos.	Lactonas macrocíclicas <i>Avermectinas</i> IRAC 6		Abamectin (Ib) Emamectin benzoato (II)
Inhibidor de biosíntesis de quitina. Impiden que los insectos formen exoesqueleto.	Benzoylureas IRAC 15	Varía según el producto.	Lufenuron (III) Novaluron (U)

Modo de acción (MoA)	Familia, subgrupo y clasificación por modo de acción	Características	Moléculas y grado toxicológico OMS*
Inhíbe la síntesis del acetolactato, restringiendo aminoácidos necesarios para la planta.	Urea <i>Sulfonylurea</i> HRAC 2B	Varía según el producto.	Metsulfuron -methyl (U)
Inhíbe la fotosíntesis	Urea <i>Phenylurea</i> HRAC 5 C1,2		Diuron (III) Linuron (III)
	Triazina HRAC 5 C1,2	Varía según el producto.	Atrazina (III) Ametryn (II) Terbutrina (III)
Inhíbe la síntesis de aminoácidos aromáticos necesarios para la planta.	Organofosforados <i>Subclase: Derivado del aminoácido glicina</i> HRAC 9G	Varía según el producto.	Glifosato (III)
Inhíbe la síntesis de glutamina, causando acumulación de amonio a niveles tóxicos en la planta.	Organofosforados <i>Subclase: Derivado del ácido fosfínico</i> HRAC 10H		Glufosinato de amonio (II)
Fungicidas con acción multisitio	Ditiocarbamato FRAC (M03)	Varía según el producto.	Mancozeb (U) Propineb (U) Metiram (U) Thiram (II)
Biosíntesis de esteroides, localizados en las membranas de las células, lo que les confiere estabilidad y control de la permeabilidad.	Azole <i>Triazoles</i> FRAC G1 (3)	Varía según el producto.	Difenoconazole (II) Propiconazole (II) Tebuconazole (II)
Biosíntesis de celulosa, ocasiona un colapso de la integridad de la pared celular.	Amida <i>Cinamamida</i> Frac H5 (40)	Varía según el producto.	Dimethomorph (III)

Fuente: Elaborado a partir de FRAC, 2026, HRAC, 2026, IRAC, 2026, OMS, 2021 y Sarwar, 2016.

* Peligrosidad de la molécula (no corresponde necesariamente a la categoría toxicológica de los productos formulados): la extremada, Ib alta, II moderada, III ligera, U improbable en uso normal.

Aunque la técnica de alternancia de productos por MoA minimiza los riesgos, existen otros mecanismos por los que las plagas generan resistencia, por ejemplo, cambios en procesos metabólicos especializados pueden conferir resistencia cruzada, incluso entre modos de acción distintos; mutaciones en el sitio de acción; resistencia de penetración, y cambios comportamentales. En algunos grupos de fungicidas la resistencia puede ocurrir más rápidamente. No obstante, la alternancia de modos de acción es una estrategia fundamental para reducir la presión de selección y retrasar el desarrollo de resistencia, especialmente cuando se integra con otras prácticas de manejo.

Comportamiento ambiental

El comportamiento de los plaguicidas en el agua y el suelo depende de las propiedades fisicoquímicas de sus componentes, del medio —incluidas las propiedades del suelo— y de las condiciones ambientales. Entre las características más relevantes se incluyen la ionización (pKa), la solubilidad en agua, la presión de vapor —relacionada con el potencial de volatilización—, la adsorción y desorción en el suelo —que influye en su movilidad— y la persistencia, expresada como la vida media (Honeycutt, R., y Schabacker, D. (Eds.), 2018).

Es decir, estos parámetros aportan información sobre las posibles vías de degradación (hidrólisis, fotólisis, etc.) y transformación de los plaguicidas, así como de los riesgos asociados a la acumulación de estos o de sus productos de transformación. Junto con la información sobre peligrosidad y exposición humana y ambiental, estos factores son considerados en la evaluación de riesgos y en las decisiones regulatorias sobre los plaguicidas.

Control regulatorio

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son sustancias químicas orgánicas, con una combinación de propiedades fisicoquímicas que favorece su persistencia en el ambiente por varios años, su distribución a grandes distancias, su acumulación en los organismos vivos y sus efectos tóxicos sobre la salud y la vida silvestre. Este tipo de características ha motivado medidas regulatorias sobre grupos de plaguicidas. Un ejemplo es el Reglamento (UE) 485 de 2013, que restringió los usos de los neonicotinoides clotianidina, tiametoxam e imidacloprid, debido a los riesgos identificados para las abejas, incluyendo restricciones al tratamiento de semillas y del suelo y a determinadas aplicaciones foliares. Por su parte, el Convenio de Estocolmo sobre COP, del que Colombia forma parte desde 2008, incluyó en su anexo A (sustancias a eliminar) diversos plaguicidas organoclorados persistentes, como aldrín, dieldrín, endrín, DDT y lindano. Aunque pertenecer a una misma familia química no implica que todas sus sustancias estén sujetas a las mismas restricciones, esta clasificación permite identificar grupos de ingredientes activos relacionados y facilita su evaluación desde diferentes perspectivas; por ejemplo, contribuye al análisis de los efectos de las medidas regulatorias, al seguimiento de tendencias de consumo y comercio y a la identificación de procesos de sustitución tecnológica entre moléculas con características similares.





Bibliografía y fuentes de referencia

- British Crop Production Council. (2025). Compendio de nombres comunes de pesticidas. Retrieved from <http://www.bcpccpesticidecompendium.org/index.html>
- Comisión Europea. (2013). *Reglamento de Ejecución (UE) n.º 485/2013 de la Comisión, de 24 de mayo de 2013, por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) n.º 540/2011 en lo relativo a las condiciones de aprobación de las sustancias activas clotianidina, tiametoxam e imidac*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 139, 12–26. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02013R0485-20181219>
- Comunidad Andina. (2015). *Decisión 804*. Retrieved from <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/decision-804.aspx>
- EPA. (2025). *Chemically-related Groups of Active Ingredients*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/chemically-related-groups-active-ingredients>
- FRAC. (2026). *Fungicide Resistance Action Committee*. Retrieved from Code list. Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action: <https://www.frac.info/media/s1zfrjqa/frac-code-list-2026.pdf>
- Honeycutt, R., y Schabacker, D. (Eds.). (2018). *Mechanism of pesticide movement into ground water* (2 ed.). Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=6CxKDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- HRAC. (2026). *Herbicide Resistance Action Committee*. Retrieved from HRAC Global Herbicide MoA Classification: <https://hracglobal.com/tools/2026-hrac-global-herbicide-moa-classification>
- IRAC. (2026). *Insecticide Resistance Action Committee*. Retrieved from Mode of Action Classification Scheme of Insecticides: <https://irac-online.org/documents/moa-classification/>
- OMS. (2021). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard*. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240005662>
- Sarwar, M. (2016). Families of Common Synthetic Agrochemicals Designed to Target Insect Pests or Vectors in Landscapes and Households. *Chemistry Research Journal*, 1(3):7-13. Retrieved from <https://chemrj.org/download/vol-1-iss-3-2016/chemrj-2016-01-03-07-13.pdf>
- Stockholm Convention. (2026). *All POPs listed in the Stockholm Convention*. Retrieved from [https://chm.pops.int/The-Convention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx#LiveContent\[Aldrin\]](https://chm.pops.int/The-Convention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx#LiveContent[Aldrin])

Responsables

Profesional especializada:

Liliana Cecilia Martínez

Equipo temático:

Angélica María Sabogal
Karen Nathaly Ariza

Diseño y diagramación:

Constanza Rodríguez Ramírez

Corrección de estilo:

John Machado Muñoz

Visita
upra.gov.co
para más información sobre
el sector agropecuario.