



Capítulo 1 Plaguicidas y su contexto

¿Qué son los plaguicidas?

Las plagas se refieren a cualquier especie, raza o biotipo (forma típica que posee una planta o animal), o agente patógeno microbiano (hongo, bacteria, virus) dañino para las plantas o productos vegetales (Secretaría de la CIPF, 2022). **Para controlar las plagas y reducir las pérdidas en los cultivos se emplean los plaguicidas.** Según la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los plaguicidas son “cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales” (FAO/OMS, 1999).

Los plaguicidas utilizados en la agricultura incluyen **insecticidas** (controlan insectos), **herbicidas** (controlan malezas), **bactericidas y fungicidas** (controlan bacterias y hongos que causan enfermedades) y **nematicidas** (controlan nematodos). El mayor consumo es de herbicidas (47,5 %), seguido de insecticidas (29,5 %), fungicidas (17,5 %) y otros (5,5 %) (Bondareva & Fedorova, 2021).

¿Cómo se clasifican los plaguicidas?

Los plaguicidas **se pueden clasificar de diversas formas** dependiendo de su origen, de su composición química, de la plaga que controlan, del modo de acción, de su persistencia ambiental o de otros criterios relevantes (figura 2). Además, según la OMS, también se pueden clasificar **según la categoría de peligrosidad**, que se basa en los niveles de toxicidad oral y dérmica calculados en función de los valores de DL_{50} (dosis letal requerida para eliminar el 50 % de la población). Teniendo en cuenta las múltiples formas de clasificación de los plaguicidas, en la figura 2 se sintetizan las diferentes clasificaciones con base en las características más importantes (Rodríguez, 2015; OMS, 2020).

¿Cuál es el origen y desarrollo de los plaguicidas?

Se calcula que **los plaguicidas protegen alrededor de un tercio de la producción agrícola mundial**, en la cual se utilizan cerca de 2.000 millones de toneladas.

Esta práctica fitosanitaria ha estado presente desde los inicios de la agricultura: desde hace más de 4.500 años, los sumerios ya utilizaban azufre en polvo para controlar insectos y ácaros; sus técnicas han evolucionado con el tiempo hasta llegar a los productos actuales. En la figura 3, se observa una línea cronológica general del desarrollo de los plaguicidas.



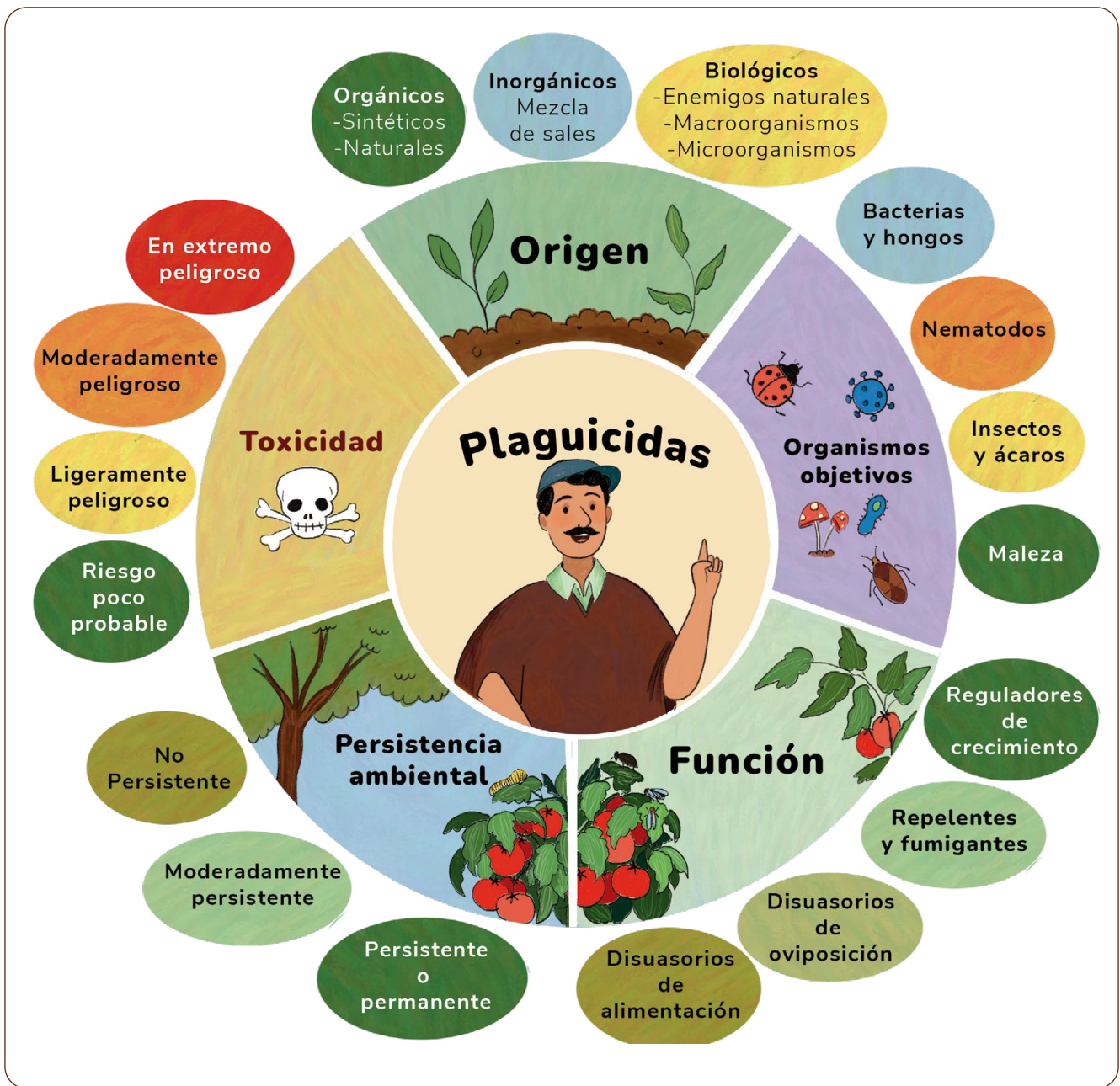


Figura 2. Clasificación de plaguicidas según su origen, organismos objetivo, función, persistencia ambiental y toxicidad.

Fuente: Elaboración propia



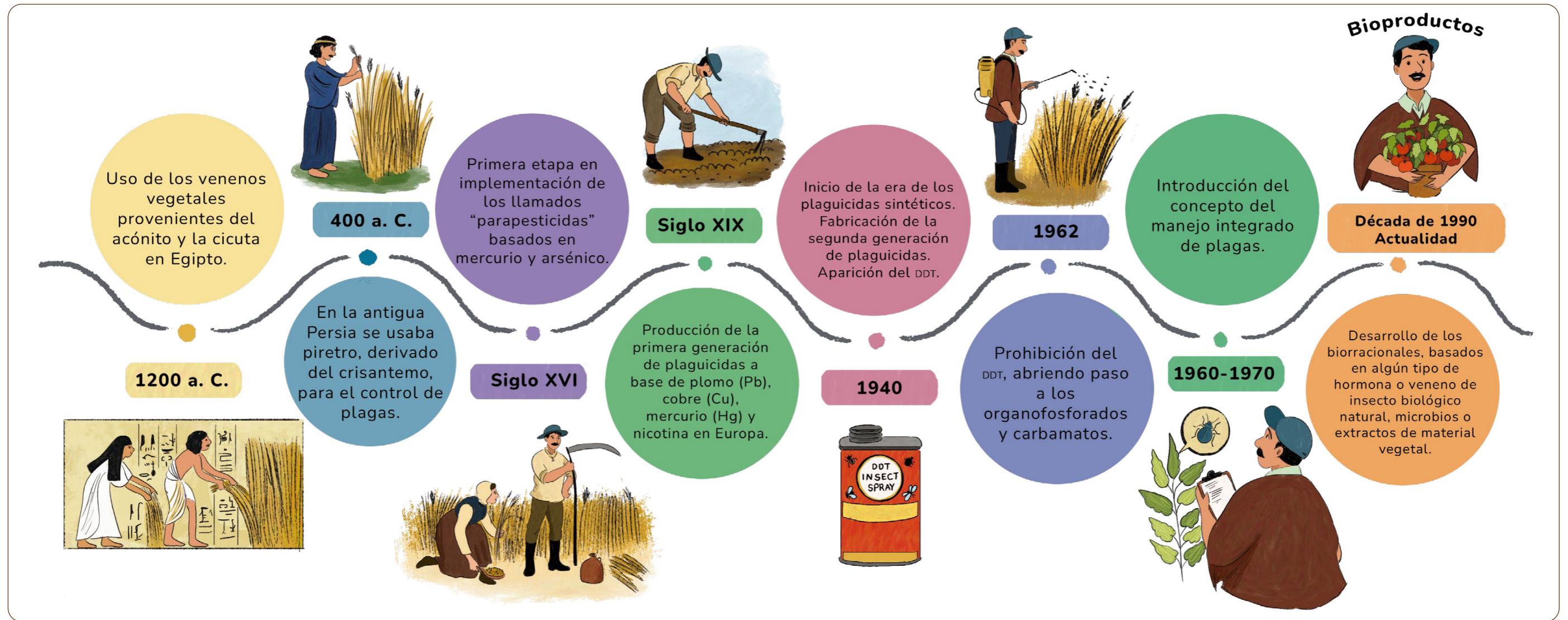


Figura 3. Cronología del desarrollo e introducción de los plaguicidas a nivel mundial.
Fuente: Elaboración propia

Los plaguicidas en Colombia

El uso de plaguicidas a lo largo de la historia del país **permitió incrementar el número de hectáreas (ha) cultivadas**, su productividad y la exportación de productos agrícolas. Su utilización se remonta a la década de 1970 (30 años después de su aplicación en Europa), cuando la demanda de productos como maíz, algodón, papa, arroz y café se intensificó a nivel mundial (Varela-Martínez et al., 2022). La aplicación de plaguicidas **es una práctica cotidiana en la mayoría de las zonas productivas del país**; representa un renglón importante en los costos de producción, si se considera que alrededor del 14 % del total de los costos está relacionado con la compra de insumos fitosanitarios.

¿Sabías qué? En 2020 se identificaron varios ingredientes activos prohibidos para uso en varios países (Henao & Gómez, 2020). Sin embargo, ocho de estos aún tenían registro en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y estaban presentes en el listado de productos de venta en Colombia.



¿Qué impacto tiene el uso de plaguicidas en Colombia y en el mundo?

Aunque los plaguicidas en un comienzo surgieron como una alternativa efectiva para el control de plagas, **su uso indiscriminado ha generado impactos negativos** sobre diferentes aspectos ambientales y de salud para humanos y animales.

Para el año 2022, Colombia se ubicó entre los 20 países con mayor aplicación de plaguicidas a nivel mundial; usaba 9,9 kg/ha (kilogramos por hectárea), por encima de Estados Unidos (2,5 kg/ha) y de sus vecinos latinoamericanos Brasil (6,0 kg/ha) y Argentina (4,9 kg/ha). El mapa de calor (figura 4) muestra con mayor intensidad los países con mayores aplicaciones.

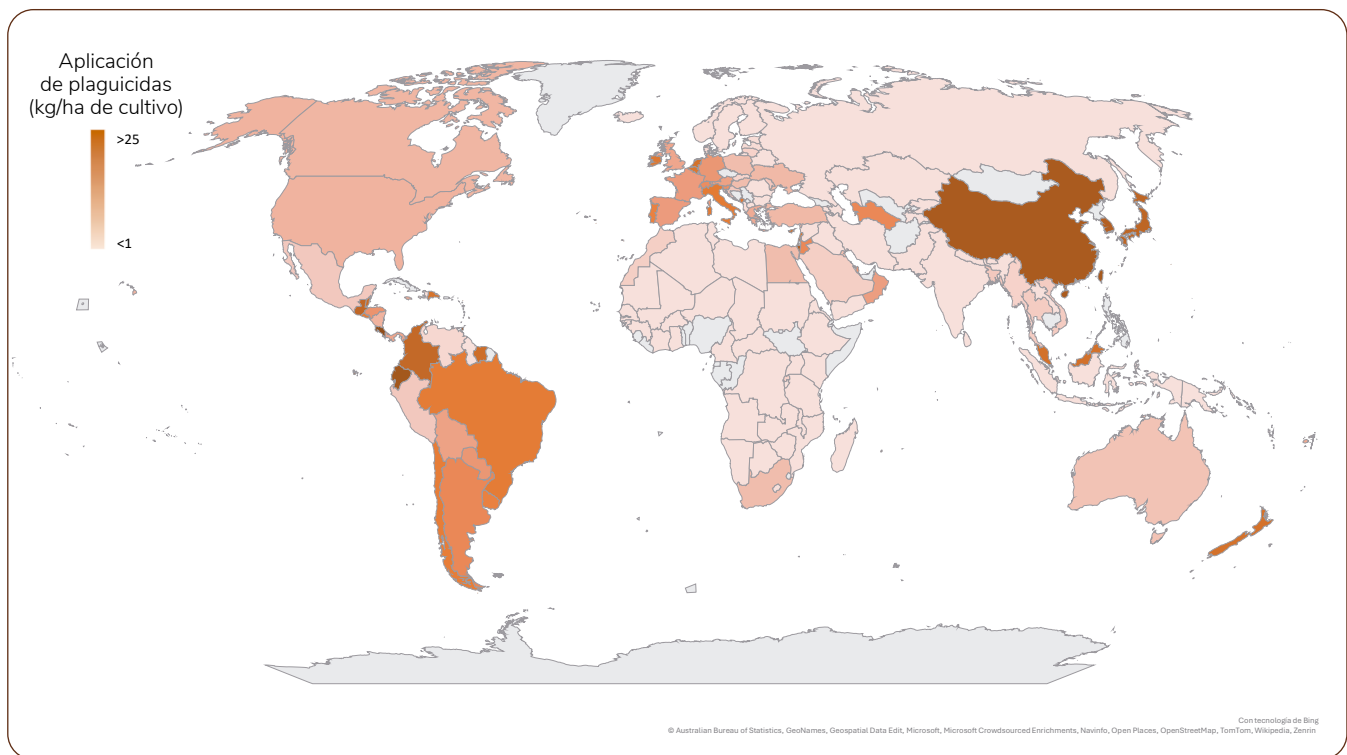


Figura 4. Índices de uso de plaguicidas a nivel mundial.
Fuente: Adaptado de Worldometer (2022)



El uso intensivo de plaguicidas en Colombia suele estar asociado con aplicaciones que son mayores en cantidad y frecuencia a las necesarias; esto **puede provocar la acumulación de residuos en cultivos y suelos**, y afectar tanto la salud humana como la del medioambiente. Diversos factores contribuyen a esta problemática, entre ellos, el desconocimiento sobre los efectos de los plaguicidas, la influencia de intereses comerciales en su promoción y la falta de regulaciones efectivas para controlar su aplicación.

- **Salud humana:** A nivel general, **todos los plaguicidas son tóxicos**; sin embargo, el impacto depende de la dosis y del tiempo de exposición, principalmente cuando no se utilizan los elementos de protección personal, como guantes, mascarillas y lentes. En menor medida, se ven afectadas las personas que están en contacto indirecto a través de los residuos presentes en alimentos o en el ambiente (Sarkar et al., 2021).

La exposición humana a los plaguicidas puede darse a través de la piel, de los ojos, por inhalación o por consumo (Kalyabina et al., 2021). Los plaguicidas pueden provocar diversos síntomas y daños en la salud humana, y contribuir al desarrollo de enfermedades tanto agudas como crónicas (figura 5).

- **Aguda:** cuando la exposición al tóxico es de corta duración, de ingreso directo (tragar, aspirar o contacto con la piel) y sus consecuencias son inmediatas.
- **Crónica:** acumulación de bajas cantidades de la sustancia en el cuerpo y sus consecuencias se observan con el paso del tiempo.



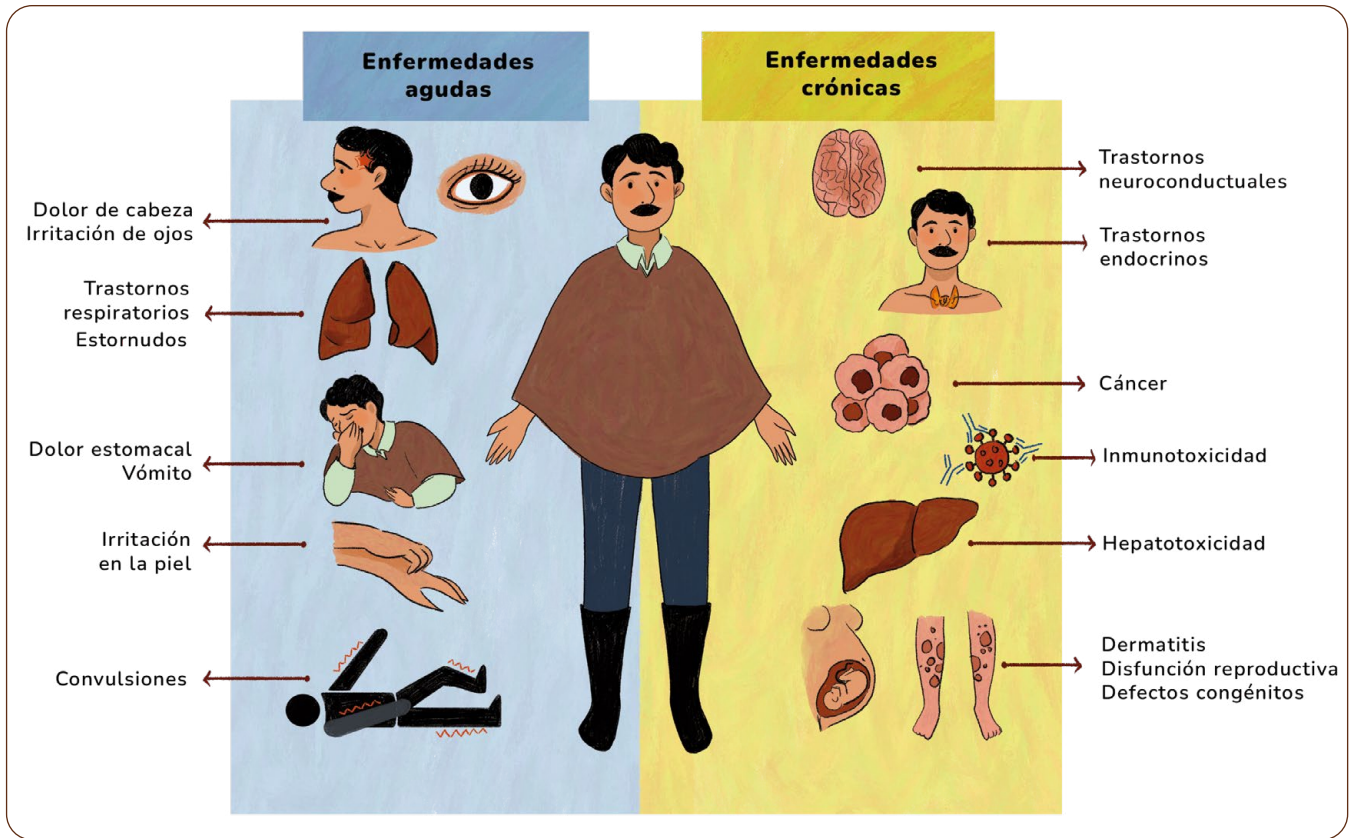


Figura 5. Efectos agudos y crónicos sobre la salud humana de la exposición a plaguicidas.
Fuente: Elaboración propia

- **Medioambiente:** la exposición del medioambiente a los plaguicidas puede ocurrir por diferentes vías, teniendo en cuenta su primer depósito en el suelo y los diferentes factores como luz solar, viento y lluvia (figura 6) (Kalyabina et al., 2021).



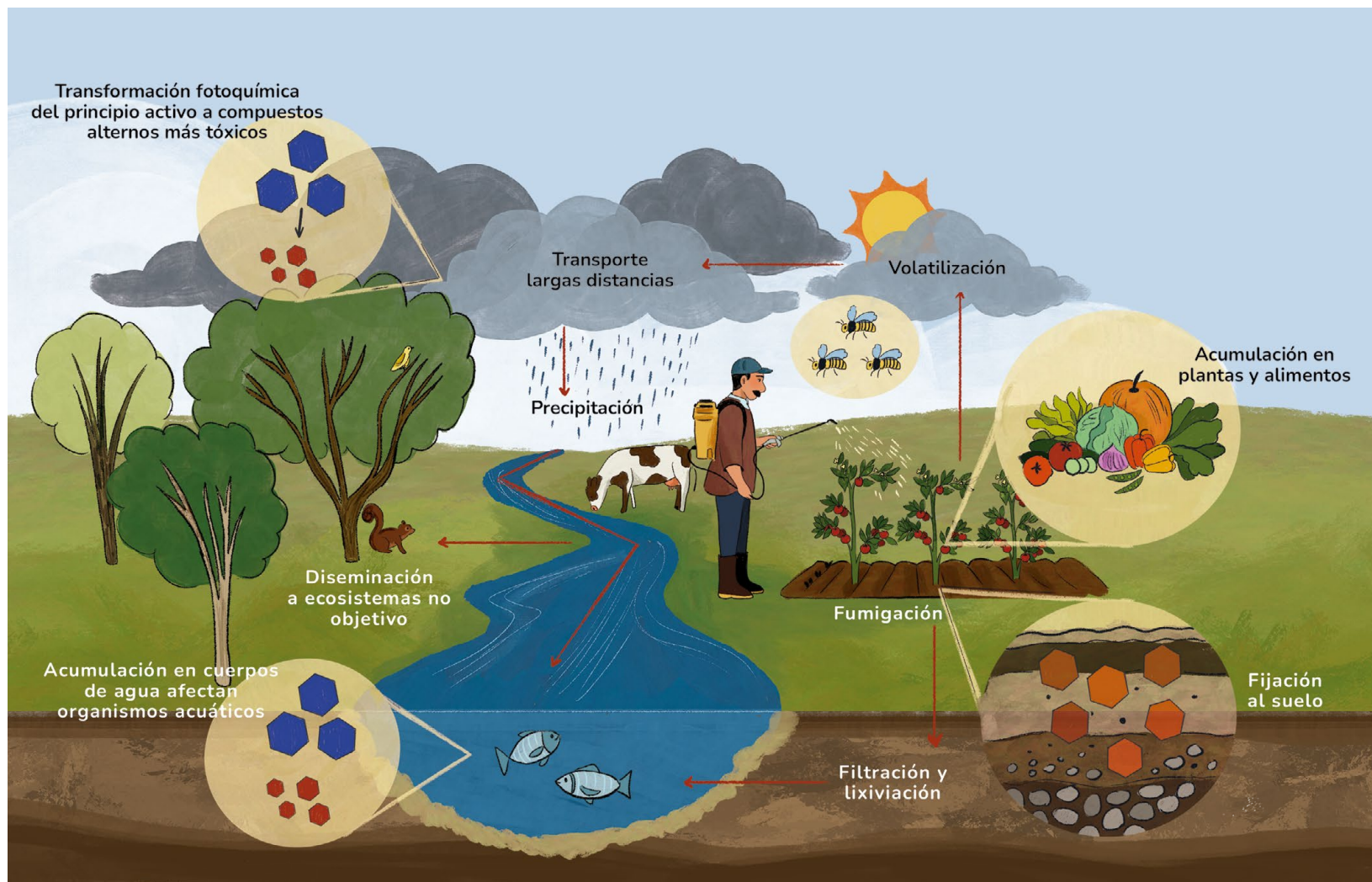


Figura 6. Flujo de los plaguicidas en el medioambiente.

Fuente: Elaboración propia



¿Sabías qué? En Colombia, entre 2016 y 2020, murieron 64.000 colmenas de abejas; se encontró que la molécula detectada con más frecuencia en las abejas muertas fue el fipronil, un plaguicida de amplio espectro usado en una gran cantidad de cultivos agrícolas; por esta razón, en el 2021 el ICA restringió su uso (ICA, Resolución 092101, 2021).



Otro efecto nocivo de los plaguicidas ocurre sobre el microbioma, que es la comunidad de microorganismos que habita y coloniza el suelo. **El microbioma** es muy sensible a los cambios físicos y químicos en el suelo, y esta alteración puede influir de forma negativa en el comportamiento de un cultivo, disminuyendo su productividad. Además, los plaguicidas también pueden afectar a otras especies no objetivo, como insectos que benefician el cultivo; por ejemplo, los polinizadores. Hay gran preocupación por la disminución que se presenta en sus poblaciones, ya que más del 75 % de los cultivos del mundo dependen de polinizadores animales, lo cual afecta la seguridad alimentaria (Leska et al., 2021).

Por otra parte, **la contaminación de cuerpos de agua por escorrentía y lixiviación** causa la muerte de peces, lo que altera los ecosistemas acuáticos y reduce la biodiversidad. Estos compuestos afectan directamente a organismos como algas y fitoplancton, interrumpiendo la fotosíntesis y las cadenas tróficas; a la vez, su acumulación y persistencia genera toxicidad en la fauna acuática. Además, **contribuyen a la proliferación de algas tóxicas y a la eutrofización** (proceso en el que un cuerpo de agua acumula exceso de nitrógeno y fósforo, que provoca un crecimiento descontrolado de algas, las cuales, al descomponerse, consumen el oxígeno del agua; esto causa la muerte de peces y otros organismos acuáticos por falta de oxígeno).



¿Cómo desarrollan resistencia a los plaguicidas los insectos?

Los insectos generan resistencia a los plaguicidas a los que se ven expuestos; esto significa que toleran las dosis que antes eran eficaces para su control. Con el tiempo, los rasgos de resistencia se vuelven más prevalentes en las poblaciones de insectos. Georghiou (1965), citado en Badii y Garza-Almanza (2007), clasificó esta resistencia en tres tipos: **por comportamiento, morfológica y fisiológica** (figura 7).

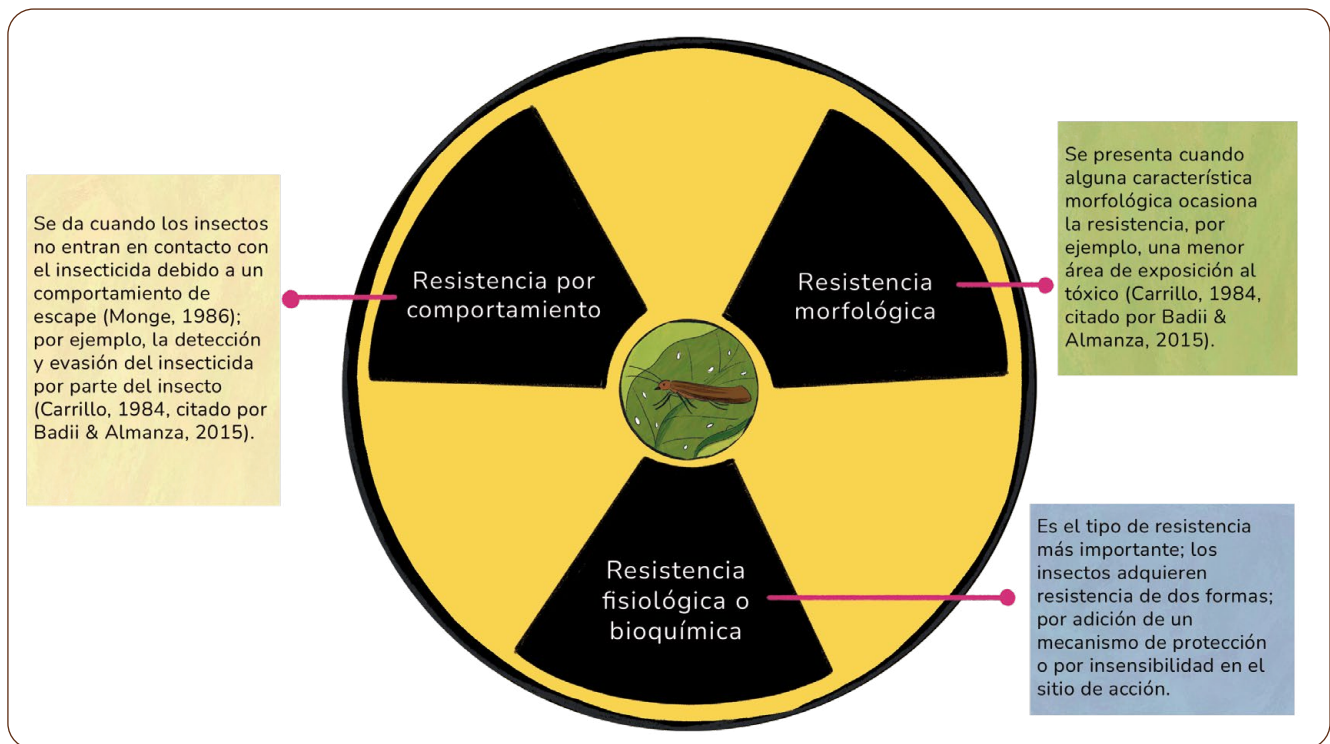


Figura 7. Tipos de resistencia de los insectos a los plaguicidas.

Fuente: Elaboración propia con base en Badii et al. (2015)



Es importante resaltar que **el uso repetido y excesivo de insecticidas, junto con su aplicación incorrecta**, acelera este proceso al eliminar a los insectos más susceptibles y favorecer a los más resistentes. Como resultado, la efectividad de los insecticidas disminuye, lo que dificulta el control de plagas y puede causar un aumento en el uso de productos más tóxicos o costosos. Esto representa un desafío para el control de plagas, y requiere estrategias de manejo más sostenibles y diversificadas que incluyan el uso racional de insecticidas, la rotación de productos y métodos alternativos de control.

En resumen, **la aplicación de plaguicidas** en los sistemas productivos agrícolas ha marcado un hito al permitir el desarrollo de la agricultura. Sin embargo, su uso indiscriminado ha ocasionado efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana. Por lo anterior, **es necesaria la búsqueda y adopción de alternativas más sostenibles** que favorezcan el equilibrio en el ecosistema y beneficien la productividad.



Biocontrol en acción: *Beauveria bassiana* controla naturalmente a *Tuta absoluta*

