

9. DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

9.1. Terminología relativa a plaguicidas

9.2. Clasificación según el grado de peligrosidad

9.2.1. *Clasificación según su uso*

9.2.2. *Clasificación según el grado de peligrosidad*

9.2.3. *Clasificación según su capacidad de producir otros efectos*

9.2.4. *Clasificación según la plaga que combaten*

9.2.5. *Clasificación química*

9.3. Tipo de plaguicidas

9.3.1. *Insecticidas*

9.3.2. *Herbicidas*

9.3.3. *Fungicidas*

9.4. Análisis químico de plaguicidas

9. DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

9.1. TERMINOLOGIA RELATIVA A PLAGUICIDAS

Se proporcionan en este apartado una serie de términos comunes en los trabajos sobre plaguicidas, correspondientes, cuando existen, con los contenidos en la actual normativa/Real Decreto 3349/1983 de 30 de noviembre y otros (ver Anexo 1) a fin de homogeneizar la nomenclatura empleada:

– Plaguicida: “Sustancias o ingredientes activos, así como las formulaciones o preparados que contengan uno o varios de ellos, destinados a cualquiera de los fines siguientes:

- a) Combatir los agentes nocivos para los vegetales y productos vegetales o prevenir su acción.
- b) Favorecer o regular la producción vegetal, con excepción de los nutrientes y los destinados a la enmienda de suelos.
- c) Conservar los productos vegetales, incluida la protección de las maderas.
- d) Destruir los vegetales indeseables.
- e) Destruir parte de los vegetales o prevenir un crecimiento indeseable de los mismos.
- f) Hacer inofensivos, destruir o prevenir la acción de otros organismos nocivos o indeseables distintos de los que atacan a los vegetales”.

Se trata de una definición extraordinariamente amplia, pues abarca el tratamiento de plagas que afectan no sólo a animales y vegetales (o sus productos) sino que incluye al propio hombre (lo que la reglamentación denomina “plaguicidas para uso en higiene personal”), no obstante en este trabajo se estudiarán únicamente aquellos que por su forma de aplicación son capaces de acceder al agua subterránea, contaminándola.

– Ingrediente activo técnico: “Todo producto orgánico o inorgánico, natural, sintético o biológico, con determinada actividad plaguicida, con un grado de pureza establecida”.

Es decir, el ingrediente activo es, dentro de la formulación del plaguicida que se emplea, la sustancia o sustancias que poseen la acción plaguicida, favorecida, regulada o potenciada por otros componentes de la mezcla.

– Ingredientes inertes: “Aquellas sustancias o materiales que unidas a los ingredientes activos para la preparación de formulaciones, permite modificar sus características de dosificación o aplicación”.

– Coadyuvantes: “Las sustancias tales como tensoactivos, fluidificantes, estabilizantes y demás, que sean útiles en la elaboración de plaguicidas, por su capacidad de modificar adecuadamente las propiedades físicas y químicas de los ingredientes activos”.

– Aditivos: “Aquellas sustancias tales como colorantes, repulsivos, eméticos y demás, que sin tener influencia en la eficacia de los plaguicidas sean utilizados en la elaboración de los mismos con objeto de cumplir prescripciones reglamentarias u otras finalidades”.

– Formulación o preparado: “Todo plaguicida compuesto de una o varias sustancias o ingredientes activos-técnicos, y en su caso ingredientes inertes, coadyuvantes y aditivos en proporción fija”.

– Residuos de plaguicidas: “Los restos de ellos y de las eventuales productos tóxicos de su metabolización o degradación, que se presentan en o sobre los alimentos destinados al hombre o al ganado”.

En virtud de esta definición podrán ser considerados como residuo de plaguicida, todo resto o producto de su degradación presentes en el agua subterránea en cuanto que es un alimento del hombre y del ganado.

– Plazo de seguridad: “Período de tiempo que debe transcurrir desde la aplicación de un plaguicida a vegetales, animales o sus productos hasta la recolección o aprovechamiento de los mismos, o, en su caso hasta su entrada en las áreas o recintos tratados”.

9.2. CLASIFICACION DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas pueden ser clasificados según muy diversos criterios, siendo adecuado el empleo de una u otra clasificación en función del contexto en el cual vaya a ser empleada. Las formas más frecuentes de clasificación son:

9.2.1. Clasificación según su uso

1) Plaguicida de uso fitosanitario o producto fitosanitario: son los destinados a su uso en el ámbito de la sanidad vegetal, así como aquellos otros de análoga naturaleza, destinados a combatir malezas u otros organismos indeseables en áreas cultivadas.

2) Plaguicidas de uso ganadero: los destinados a su utilización en el entorno de animales o en las actividades estrechamente relacionadas con su explotación.

3) Plaguicidas para uso en la industria alimentaria: los destinados a tratamientos de transformados de vegetales, de productos de origen animal, y de sus envases, así como los destinados al tratamiento de locales, instalaciones o maquinaria relacionada con la industria alimentaria.

4) Plaguicidas de uso ambiental: aquellos destinados a aplicaciones de desinfección, desinsectación, y desratización en locales públicos o privados, establecimientos fijos o móviles, medios de transporte y sus instalaciones.

– Plaguicidas de uso en higiene personal: Aquellos preparados útiles para la aplicación directa sobre el hombre.

– Plaguicidas para uso doméstico: Cualquiera de los definidos anteriormente autorizados expresamente para que puedan ser aplicados por personas no especialmente cualificadas en viviendas y otros locales habitados.

9.2.2. Clasificación según el grado de peligrosidad

Esta clasificación es muy útil, principalmente a la hora de determinar las condiciones de manipulación y almacenamiento del plaguicida, su aplicabilidad en diferentes entornos, etc.

Atendiendo a su toxicidad aguda expresada como DL₅₀ (dosis letal para el 50% de los casos) por vía oral o dérmica para la rata o como CL₅₀ (concentración letal en el 50% de los casos) por vía respiratoria el RD 5349/1985 diferencia cuatro tipos:

– “De baja peligrosidad” los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea no entrañan riesgos apreciables.

– “Nocivos” los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea pueden entrañar riesgos de gravedad limitada.

– “Tóxicos” los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea pueden entrañar riesgos graves, agudos o crónicos, o incluso la muerte.

– “Muy tóxicos” los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea pueden entrañar riesgos extremadamente graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.

La inclusión de un plaguicida en una de estas categorías anteriores se basa en los siguientes criterios:

1) En el caso de la DL₅₀ por vía oral, expresada en miligramos por kilogramo de masa corporal:

a) Para plaguicidas sólidos, excepto los cebos y los preparados en forma de tabletas:

– Muy tóxicos: DL₅₀ menor o igual a 5.

– Tóxicos: DL₅₀ superior a 5 e inferior o igual a 50.

– Nocivos: DL₅₀ superior a 50 e inferior o igual a 500.

– De baja peligrosidad: DL₅₀ superior a 500.

b) Para plaguicidas líquidos, así como para los cebos y los presentados en forma de tabletas:

- Muy tóxicos: DL_{50} menor o igual a 25.
- Tóxicos: DL_{50} superior a 25 e inferior o igual a 200.
- Nocivos: DL_{50} superior a 200 e inferior o igual a 2.000.
- De baja peligrosidad: DL_{50} superior a 2.000.

2) En el caso de CL_{50} , expresada en miligramos por litro de aire y determinada por ensayo respiratorio en la rata de una duración de cuatro horas, para los plaguicidas gaseosos o para los que se comercialicen en forma de gas licuado, así como para los fumigantes o aerosoles:

- Muy tóxicos: CL_{50} menor o igual a 0,5.
- Tóxicos: CL_{50} superior a 0,5 e inferior o igual a 2.
- Nocivos: CL_{50} superior a 2 e inferior o igual a 20.
- De baja peligrosidad: CL_{50} superior a 20.

Para los plaguicidas que puedan ser absorbidos por la piel y cuando el valor de la DL_{50} por vía dérmica expresado en miligramos de pesticida por kilogramo de masa corporal, sea tal que suponga incluirlos en una categoría toxicológica más restrictiva de la que correspondería al valor de la DL_{50} por vía oral o de la CL_{50} por ensayo respiratorio, la clasificación se realizará de la siguiente forma, determinando los valores por vía dérmica para la rata y/o el conejo:

a) Para plaguicidas sólidos, excepto los cebos y los presentados en forma de tabletas:

- Muy tóxicos: DL_{50} menor o igual a 10.
- Tóxicos: DL_{50} superior a 10 e inferior o igual a 100.
- Nocivos: DL_{50} superior a 100 e inferior o igual a 1.000.
- De baja peligrosidad: DL_{50} superior a 1.000.

b) Para plaguicidas líquidos, así como para los cebos y los presentados en forma de tabletas:

- Muy tóxicos: DL_{50} menor o igual a 50.
- Tóxicos: DL_{50} superior a 50 e inferior o igual a 400.
- Nocivos: DL_{50} superior a 400 e inferior o igual a 4.000.
- De baja peligrosidad: DL_{50} superior a 4.000.

En el etiquetado de plaguicidas aparece un código de clasificación ("categoría de toxicidad") según su acción sobre los seres vivos que consiste en una clave de tres letras con el siguiente significado:

- Primera letra: indica la peligrosidad para el hombre y el ganado.
- Segunda letra: indica la peligrosidad para la fauna terrestre.
- Tercera letra: indica la peligrosidad para la fauna acuícola.

Las letras son:

- A. Productos de toxicidad baja.
- B. Productos de toxicidad moderada,
- C. Productos muy peligrosos.
- D. Productos extremadamente peligrosos.

Así, un plaguicida con las siglas AAC será:

- De baja toxicidad para el hombre y ganado así como para la fauna terrestre.
- Producto muy peligrosos para fauna acuícola.

9.2.3. Clasificación según su capacidad de producir otros efectos

Se diferencian los siguientes tipos:

- Corrosivos: los que en contacto con tejidos vivos pueden suponer sobre ellos una acción destructiva.
- Irritantes: los no corrosivos que por contacto directo prolongado o repetido sobre la piel o mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria.
- Fácilmente inflamables: aquellos que a la temperatura normal al aire libre y sin aporte de energía pueden calentarse o incluso inflamarse.

Los que en estado sólido pueden inflamarse fácilmente por acción de una fuente inflamante y que continúan quemándose o consumiéndose después de retirar la fuente inflamable.

Los que en estado líquido tengan un punto de inflamación inferior a 20°C o los gaseosos que son inflamables al aire libre a la presión normal, o los que en contacto con el agua o con el aire húmedo desprenden gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.

- Explosivos: los que pueden explosionar bajo los efectos de la llama o que son más sensibles a los choques o a la fricción que el dinitro-benceno.

9.2.4. Clasificación según la plaga que combaten

Dada la heterogeneidad de efecto y composición de los numerosos productos existentes, resulta conveniente incluir otra clasificación indicativa del tipo de plaga que combaten.

1. Insecticidas.
2. Acaricidas.
3. Rodenticidas.
4. Molusquicidas.
5. Neumatocidas.
6. Repelentes.
7. Alguicidas.
8. Fungicidas.
9. Herbicidas.
10. Fitoreguladores.
11. Desinfectantes.

9.2.5. Clasificación química

Otro posible clasificación de los plaguicidas es en función de su estructura química. Este criterio permite preveer, según el grupo en que se englobe cada producto, su mecanismo de acción, vía de degradación o inactivación, etc.

No obstante debe señalarse que alguno de los grupos (por ejemplo, plaguicidas inorgánicos o extractos vegetales), incluyen gran número de especies químicas y grupos funcionales, pero se agrupan bajo un único epígrafe en aras de la simplicidad.

Así, pueden diferenciarse:

- Plaguicidas inorgánicos.
- Extractos vegetales.
- Organoclorados.
- Organofosforados.
- Carbamatos.
- Organomercuriales.
- Derivados del fenol.
- Ácidos orgánicos.
- Derivados de la urea.
- Derivados de la amida.
- Otros.

El Anexo 2 incluye una relación de los plaguicidas más comunes clasificados según la composición y con su fórmula química.

Actualmente existen más de 200 principios activos de uso común habiéndose obtenido más de 4.000 plaguicidas diferentes a partir de ellos. Muchos de los productos existentes en el mercado con nombres comerciales consisten en mezclas de diversas formulaciones de las materias activas.

9.3. TIPOS DE PLAGUICIDAS

A continuación se reseñan los grupos más importantes de plaguicidas.

9.3.1. Insecticidas

a) Extractos vegetales

PIRETROIDES

Los primeros piretroides se obtuvieron de su fuente natural, el pelitre, (Chrysanthemum cinerariaefolium), siendo empleado desde muy antiguo.

En un principio se empleó el extracto de pelitre obtenido del polvo de flores desecadas que contenía una mezcla compleja de piretrinas, luego se combinaba con alguna sustancia sinérgica (aceite de Sésamo, piperonil butóxido, propil isome, sulfóxido) aplicándose en un vehículo oleoso.

Dada su baja toxicidad para mamíferos se emplea en gran parte de los insecticidas domésticos, almacenes, etc. También resulta eficaz para combatir la mosca de la fruta.

Como principales ventajas pueden citarse:

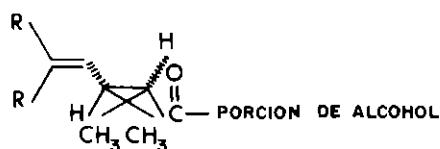
- Gran poder insecticida.
- Potente acción de choque.
- Persistencia en condiciones favorables.
- Baja toxicidad para mamíferos.
- Bajo efecto sobre el medio ambiente.
- Acción efectiva por contacto sobre insectos voladores.

Sin embargo, los piretroides naturales son fotolábiles, lo que impide muchos tipos de aplicaciones. Por otro lado estos piretroides naturales resultan bastante caros y la fuente de producción es escasa.

Un inconveniente añadido es una intensa acción sobre depredadores naturales de ácaros, que origina un incremento espectacular de estos parásitos.

A partir de la segunda guerra mundial, se comenzó la búsqueda de nuevos productos de síntesis a partir del ácido crisantémico, obteniendo el Aldrin; recientemente se han desarrollado productos como el Resmetrin, Tetrametrin, Permetrin, Deltametrin, etc.

La estructura general de las piretrinas sintéticas (son ésteres) presentan una porción correspondiente al ácido, poco variable y una porción correspondiente al alcohol muy variable:



El mecanismo de acción de las piretrinas no se conoce con precisión, parece ser que la selectividad de acción frente a los artrópodos se fundamenta en la estructura de sus fibras nerviosas, cuya capa de mielina es mucho menor que la de mamíferos, lo cual supone una baja resistencia al acceso del plaguicida a su lugar de acción.

ROTENONA

Se extrae de las raíces de la *Derris elliptica* y *Derris chinensis*, empleándose para combatir plagas hortícolas (oruga blanca de la col, escarabajo de la patata, etc.), también para parásitos animales (piojos, pulgas, garrapatas). Sobre humanos no se usa pues produce irritaciones de la piel.

Se descompone fácilmente por acción de la luz y del calor, por lo que su uso se ve muy limitado. Como ventaja tiene el que es poco tóxico para mamíferos.

DERIVADOS DE LA NICOTINA

Ya en 1.746 se recomendaba una infusión de hojas de tabaco para combatir el gusano del ciruelo. El extracto de estas hojas contiene como alcaloide principal, nicotina, acompañado de nor-nicotina y de anabastina.

Se emplea en aerosoles y polvo para combatir pulgones e insectos similares, pero debido a su gran toxicidad para mamíferos su uso es casi nulo, siendo sustituido por otros productos menos peligrosos.

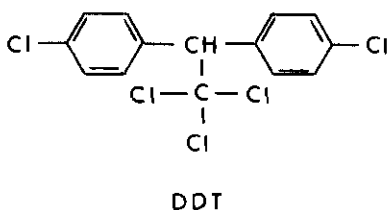
Su acción se centra en los ganglios autónomos actuando primero como estimulante y luego como depresor provocando un fallo generalizado de órganos vitales.

b) Compuestos organoclorados

Son productos de amplio espectro y gran persistencia. Debido al largo período de tiempo necesario para su inactivación, su uso está cada vez más restringido; no obstante, al haber sido empleados de forma masiva, tanto en agricultura, como en la lucha contra vectores de enfermedades transmitidas por insectos (malaria, tifus, fiebre amarilla), se han producido graves efectos de acumulación en las cadenas tróficas de multitud de ecosistemas.

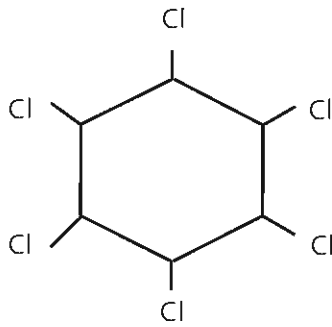
La estructura química de estos compuestos es muy variada, compartiendo todos la característica de poseer cloro en la molécula.

El primero en ser empleado fue el DDT. Descubierta por Paul Muller en 1.933, se hizo en primer momento un uso masivo; en la actualidad se prohíbe en muchos países al observarse la aparición de resistencias en los insectos que se pretendía combatir, además de graves efectos acumulativos.



Con el abandono del DDT como principal insecticida se han venido empleando otros organoclorados entre los que cabe destacar:

Metoxiclor, menos tóxicos para mamíferos y además apenas se acumula en el tejido adiposo. Su uso principal está en combatir plagas domésticas y del ganado.



El Lindano, que es de los pocos autorizados en España. Se emplea en aerosoles domésticos y para el control de plagas en animales y en frutas y verduras, también se emplea en aplicaciones sobre humanos.

Su forma de acción parece deberse a que interfiere en la conducción nerviosa, actuando a nivel de poros de membrana e interfiriendo en el paso de iones a través de la misma.

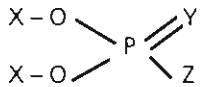
c) Organofosforados

Son ampliamente empleados como sustitutos de los organoclorados.

Se comercializan alrededor de 75 sustancias activas, investigándose nuevos productos. El desarrollo práctico de estos productos se atribuye a Schareder (Bayer); durante la segunda guerra mundial se descubrieron muchos nuevos productos con la investigación de armas de guerra (gases neurotóxicos).

Como principales ventajas pueden citarse:

Rápida metabolización e hidrólisis.
Toxicidad selectiva.



Como principales inconvenientes destaca el de su peligrosa manipulación y la reciente aparición de plagas resistentes, debido principalmente al uso masivo que se ha hecho de estos productos.

Y = O, S

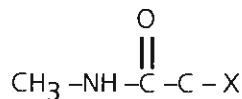
La estructura química responde en la mayoría de estos compuestos a la de ésteres del ácido fosfórico:

Son el grupo de insecticidas de mayor uso junto con los piretroides.

Su mecanismo de acción se debe a la inhibición del enzima acetilcolinesterasa.

d) Carbamatos

Son productos poco tóxicos que se degradan con facilidad en el medio ambiente. Presentan una acción potenciada cuando se emplean junto con organoclorados o con organofosforados. Estructuralmente son ésteres del ácido carbámico con una estructura general:



Al contrario que los organofosforados no necesitan de una activación metabólica para actuar.

9.3.2. Herbicidas

a) Carbamatos: Se emplean alrededor de 20 productos agrupados en tres clases:

- Los primeros carbamatos (IPC, CIPC) de importancia decreciente en la actualidad.
- Los tiocarbamatos (más de 10 productos).
- Otros carbamatos.

9.4. ANALISIS QUIMICO DE PLAGUICIDAS

La química analítica de plaguicidas plantea una cierta dificultad al tratarse en general de la determinación de compuestos orgánicos traza, formando mezclas complejas con otras sustancias orgánicas o con productos de su degradación o biotransformación. Además las muestras pueden ser muy diversas (suelos, aguas, vegetales, productos transformados, etc.).

En este capítulo se exponen, de forma somera, las etapas básicas en el análisis de plaguicidas, las técnicas normalmente empleadas y los problemas más frecuentes.

La determinación de un plaguicida en suelo o agua, requiere de una serie de pasos, que ordenados cronológicamente serían:

- Toma de muestras en campo.
- Transporte y almacenamiento.
- Preparación para el análisis (purificación y concentración).
- Análisis propiamente dicho.

Solo una ejecución cuidadosa y conforme a las normas de cada una de estas etapas proporciona resultados fiables.

La aplicación directa de sustancias inorgánicas (p. ej.: sulfato de cobre) o de moléculas orgánicas con un metal en su estructura, originan contenidos de metales pesados que en otras circunstancias o no se encontrarían o sería a niveles extraordinariamente bajos en el suelo, agua y productos alimentarios. Entre los metales más frecuentemente detectados cabe destacar Cu, Cd, Hg y Pb, y entre los aniones el arseniato y arsenito.

No obstante, gran cantidad de iones no considerados como tóxicos o peligrosos son incorporados al medio al formar parte de la formulación del plaguicida (aditivos, coadyuvantes, etc.).

La técnica más empleada para la determinación de metales a nivel de trazas es la espectrofotometría de absorción atómica. También se emplea, tanto para determinar cationes como aniones, la cromatografía iónica, que, además de ser una técnica suficientemente sensible, evita gran número de las interferencias provocadas por especies químicas similares a la que pretendemos identificar.

FASES DE LA DETERMINACION DE PLAGUICIDAS

a) Conservación

Un requisito importante, a considerar desde la llegada de la muestra al laboratorio y su análisis es que transcurra el menor tiempo posible. Si hay que guardarla debe ser congelada a -25°C con el fin de evitar la degradación o hidrólisis del plaguicida. No obstante, el método de conservación puede variar, pues por ejemplo, los organoclorados son bastante estables, resistiendo algunos días sin degradarse a temperatura ambiente.

b) Concentración

Habitualmente la mínima cantidad de plaguicida presente en las muestras de partida exige una concentración previa a fin de situarse dentro de los márgenes de trabajo de la técnica analítica empleada.

Como generalmente se encuentran en mezcla con otros plaguicidas o con sustancias arrastradas en el proceso de extracción será necesario (si la técnica de análisis no es específica) realizar una separación adecuada de los componentes de la mezcla. La determinación cualitativa presentará mayores problemas cuando se trate con mezclas complejas, varios pesticidas de un mismo grupo químico o productos de degradación muy similares a la sustancia madre.

c) Extracción y purificación

El método de extracción a aplicar dependerá de las características fisicoquímicas del plaguicida, en especial de su tipo o hidrosolubilidad.

Así, cuando se trata de moléculas fácilmente ionizables y por tanto solubles en agua, se extraerán mediante disolventes polares. En caso contrario se emplearán disolventes apolares.

Con frecuencia los productos resultantes de la degradación de plaguicidas difícilmente ionizables tienen una marcada naturaleza iónica. Este es un proceso frecuente en el metabolismo de muchos seres vivos, mediante el cual se pueden eliminar las sustancias con mayor facilidad. En estos casos se suele recurrir a la acidificación de la muestra, para luego extraer con disolventes orgánicos.

Cuando se tienen presentes moléculas ionizables y no ionizables, se alcaliniza para extraer las sustancias no ionizables, y luego se acidifican para extraer el resto.

La eliminación de sustancias interferentes es muy importante, pues pueden llegar a enmascarar por completo a la que se pretende valorar.

Será necesario tener en cuenta la naturaleza del ingrediente activo y del soporte, el medio de extracción empleado y la técnica de valoración. Algunas de estas técnicas, como la cromatografía en sus diferentes variantes, permiten realizar una separación de componentes muy eficaz.

Entre los procedimientos de "separación y limpieza" destacan:

1. Partición líquido-líquido entre dos fases orgánicas, polares y no polares, inmiscibles, muy útil en matrices grasas (acetoneitrilo y hexano, por ejemplo).
2. Arrastre por volatilización o "codestilación por barrido" (que combina separación gascromatográfica y destilación).
3. Sublimación bajo vacío.
4. Precipitación a baja temperatura en fase orgánica.
5. Saponificación.
6. Cromatografía de columna y de capa fina.
7. Diálisis y congelación.

d) Técnicas de análisis de plaguicidas

Habitualmente se recurre al uso de grandes grupos de técnicas analíticas:

– Semicuantitativas, que permiten determinar una sustancia concreta o grupo de sustancias, permitiendo conocer con aproximación el rango de concentración en que se encuentran. Suelen ser técnicas bastante sensibles y muy específicas.

– Cuantitativas, que indican la concentración exacta del plaguicida en la muestra. Son técnicas más laboriosas y caras que las anteriores. Requieren un instrumental muy especializado y una cuidadosa preparación de la muestra.

En la tabla 9.1 se resumen los principales métodos, aplicabilidad, sensibilidad y limitaciones más importantes. De entre todas ellas destacan la fotometría (espectrofotometría visible UV e IR), la cromatografía (de capa fina, gaseosa y líquida), el análisis enzimático y la espectrometría de masas.

TABLA 9.1.

<u>Técnica</u>	<u>Principios aplicados</u>
Fotometría (colorimetría)	Medición, raramente identificación, sensible.
Espectrofotometría de UV	Medición, ocasional identificación, sensible.
Fluorespectrofotometría	Medición, identificación, muy sensible.
Espectrofotometría de IR	Medición, muy útil identificación normalmente poca sensibilidad.

Técnica

Principios aplicados

Activación del neutrón	Medición muy sensible. Para análisis elemental mediante medida de radioactividad inducida por neutrones activados (Ejemplo: Br, Cl, Hg, As, etc.).
Polarografía	Medición, frecuentemente buena para identificación, sensible en reacciones redox (permite valoración de ditiocarbamatos, pero requiere gran experiencia y atmósfera inerte).
Reparto contracorriente	Separación, identificación sobre posibles valores-P, poco sensible.
Volumetría	Medición sensible.
Bioensayo	Medición, ninguna identificación, en parte muy sensible.
Absorción atómica	Medición, identificación elemental, buena sensibilidad. Permite la valoración de metales pertenecientes a plaguicidas residuos (Ejemplo: Hg, Sn, Zn, Mn, Fe, etc.).
Estufa anular "Ring Oven"	Medición del ancho de los anillos obtenidos sobre papel, separación circular con limitaciones para comprobación y análisis semicuantitativo sensible.
Cromatografía de papel capa fina	Separación, con limitaciones para comprobación de identificación o "confirmación", sensible. La cromatografía de capa fina, además de práctica y rápida, sirvió de etapa preparatoria para aislar residuos y valorarlos por Espectrofotometría o gascromatografía. Recientes avances, permiten el análisis cuantitativo directo por desintometría y reflectancia. Así como una aplicación automática de muestras.
Gascromatografía con diferentes detectores	Separación, medición, con juegos de columnas para identificación y valoración cuantitativa. Muy sensible a nivel de picogramos.
Cromatografía líquida de alta presión con diferentes detectores	Mejor separación que la gascromatografía. Aplicación a mayor número de plaguicidas-residuos de menor volatilidad. Sensibilidad creciente a nanogramos. No destruye la muestra.
Espectrometría de masas	Medición, muy útil identificación, sensibilidad creciente. Se asocia a gascromatografía con éxito.
Resonancia magnética nuclear	Confirmación de identificación o confirmación, no muy sensible.
Enzimoanálisis	Permite una determinación semicuantitativa y cuantitativa muy específica con bastante sensibilidad. Requiere poca preparación de la muestra.
Determinación bioquímica.	Bastante sensible, pero muy poco específica.

Fuente: Modificado de Merk Luengo Guillermo, 1.974.