

Autor: Luis Echarri
 Asignatura: Población, ecología y ambiente
 2007

Tema 10 Residuos y Productos químicos	1
Residuos	1
Tipos de residuos	2
El problema de los residuos	2
Situación española	2
Residuos sólidos urbanos	3
Incineración	5
Vertederos controlados	6
Residuos industriales	6
Residuos industriales inertes y asimilables a los RSU	6
Residuos peligrosos	7
Gestión.....	8
Residuos agrarios y similares	9
Compostaje	9
Residuos radiactivos	10
Producción de residuos radiactivos en España	11
Productos químicos	11
Pesticidas	12
Tipos de pesticidas	15
El caso del DDT	16
Otros sistemas de control de plagas.....	17
Metales tóxicos	19
Compuestos orgánicos.....	20
PAH (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)	21
PCB (Bifenilos PoliClorados)	21
Iniciativas de control de los productos tóxicos.....	22

Tema 10 Residuos y Productos químicos

Residuos

Llamamos residuo a cualquier tipo de material que esté generado por la actividad humana y que está destinado a ser desechado.

Hay objetos o materiales que son residuos en determinadas situaciones, mientras que en otras se aprovechan. En los países desarrollados tiramos diariamente a la basura una gran cantidad de cosas que en los países en vías de desarrollo volverían a ser utilizadas o seguirían siendo bienes valiosos. Además muchos residuos se pueden reciclar si se dispone de las tecnologías adecuadas y el proceso es económicamente rentable. Una buena gestión de los residuos persigue precisamente no perder el valor económico y la utilidad que pueden tener muchos de ellos y usarlos como materiales útiles en vez de tirarlos.

Tipos de residuos

Las emisiones de gases y líquidos que podemos considerar residuos las hemos analizado en los capítulos correspondientes a la contaminación del aire y las aguas. Los otros tipos de residuos, que analizaremos en las páginas siguientes, son:

- **Residuos sólidos urbanos.**- Los que componen la basura doméstica.
- **Residuos industriales.** Dentro de los residuos que genera la industria es conveniente diferenciar entre:
 - **Inertes.**- Que son escombros y materiales similares, en general, no peligrosos para el medio ambiente, aunque algunos procedentes de la minería pueden contener elementos tóxicos
 - **Similares a residuos sólidos urbanos.**- Restos de comedores, oficinas, etc.
 - **Residuos peligrosos.**- Que por su composición química u otras características requieren tratamiento especial
- **Residuos agrarios.**- Son los que proceden de la agricultura, la ganadería, la pesca, las explotaciones forestales o la industria alimenticia.
- **Residuos médicos y de laboratorios.**- Restos del trabajo clínico o de investigación.
- **Residuos radiactivos.**- Materiales que emiten radiactividad.

El problema de los residuos

El continuo **aumento** de la cantidad de residuos que generamos está provocando importantes problemas. Entre los bienes que usamos cada vez hay más objetos que están fabricados para durar unos pocos años y después ser sustituidos por otros y que no compensa arreglar porque resulta más caro que comprar uno nuevo. Muchos productos, desde los pañuelos o servilletas de papel, hasta las maquinillas de afeitar, los pañales, o las latas de bebidas, están diseñados para ser usados una vez y luego desechados. Se usan las cosas y se desechan en grandes cantidades, sin que haya conciencia clara, en muchos casos, de que luego algo hay que hacer con todos estos residuos.

El problema se agrava porque la creciente actividad industrial genera muchos productos que son **tóxicos** o muy difíciles de incorporar a los ciclos de los elementos naturales. En varias ocasiones los productos químicos acumulados en vertederos que después han sido recubiertos de tierra y utilizados para construir viviendas sobre ellos han causado serios problemas, incluso dañando la salud de las personas (ver caso del Canal Love).

No hay solución única y clara a este problema. El reciclaje es la opción mejor desde el punto de vista ambiental pero tiene sus límites. En el momento actual se combina con plantas de tratamiento, vertederos e incineradoras, aunque no se debe olvidar que una actuación imprescindible es la de reducir las cantidades de residuos producidos.

Situación española

En España, a finales de los años 70 se aprobó una legislación con el objetivo de conseguir una eliminación segura de los residuos municipales y que el volumen de estos residuos fuera mínimo. La proporción de residuos que se descargan en vertederos no controlados disminuyó de un 60% a un 25% desde el año 1980 al 1995. En los años 80 se ha legislado sobre los residuos tóxicos y peligrosos. Desde 1991 se está haciendo un inventario de suelos contaminados y se van tratando los que se encuentran en situación más urgente.

En 1998 se aprobó la Ley 10/98 de Residuos que establece que la Administración General del Estado deberá elaborar Planes Nacionales de Residuos, integrando los

respectivos Planes Autonómicos. En estos planes se deben fijar objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización y eliminación. La misma obligación se deriva para España de la Directiva 91/156/CEE. En esta línea se estableció El Plan Nacional de Residuos Urbanos, PNRU que entre los años 2000 y 2006 se planteó reducir la generación de residuos urbanos y aumentar las cantidades de residuos compostados, reciclados y valorizados.

Para ello se fijan una serie de objetivos cuantitativos:

- Reducir la generación de residuos a razón de un 6% anual.
- Compostar el 40% de la materia orgánica a fines de 2001 y el 50% en 2006.
- Reciclar el 75% del papel y cartón en 2006. Reciclar el 90% de los metales en 2006.
- Reciclar el 75% del vidrio y el 50 % de otros materiales en 2006.
- Que se realice la valorización energética de la fracción no reciclada : 9% a fines de 2001 y 17,7% en 2006.

No se tienen datos estadísticos actualizados de cómo ha ido la implantación de este plan. Junto a los progresos permanecen varios problemas importantes, entre ellos algunas importantes diferencias entre Comunidades Autónomas a la hora de afrontar este problema.

Residuos sólidos urbanos

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los que se originan en la actividad **doméstica** y **comercial** de **ciudades y pueblos**.

Composición de los RSU

Los residuos producidos por los habitantes urbanos comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas.

La basura suele estar compuesta por:

- Materia orgánica.- Son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto la comida que sobra.
- Papel y cartón.- Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.
- Plásticos.- Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables, etc.
- Vidrio.- Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
- Metales.- Latas, botes, etc.
- Otros

En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, constituyendo alrededor de un tercio de la basura, seguida por la materia orgánica y el resto. En cambio si el país está menos desarrollado la cantidad de materia orgánica es mayor - hasta las tres cuartas partes en los países en vías de desarrollo- y mucho menor la de papeles, plásticos, vidrio y metales.

Cantidad de RSU

En España la cantidad de RSU generada por habitante y día es de alrededor de **1,2 kilogramo** en las ciudades grandes y medianas, y algo menor en ciudades pequeñas y pueblos. En las zonas rurales se aprovechan mejor los residuos y se tira menor cantidad, mientras que las ciudades y el mayor nivel de vida fomentan el consumo y la producción de basura. En EEUU la media es de más de 2 kilogramos por habitante y día.

Para un buen diseño de recogida y tratamiento de las basuras es necesario tener en cuenta, además, las variaciones según los días y las épocas del año. En los lugares turísticos las temporadas altas suponen un aumento muy importante en los residuos

producidos. También épocas especiales como fiestas y ferias, acontecimientos deportivos importantes, etc. se notan en la cantidad de basura. En verano la proporción de materia orgánica suele ser mayor, mientras que en invierno aumenta la proporción de cenizas.

Recogida y tratamiento de los RSU

Gestionar adecuadamente los RSU es uno de los mayores problemas de muchos municipios en la actualidad. El tratamiento moderno del tema incluye varias fases:

- **Recogida selectiva.**- La utilización de contenedores que recogen separadamente el papel y el vidrio está cada vez más extendida y también se están poniendo otros contenedores para plásticos, metal, pilas, etc. En las comunidades más avanzadas en la gestión de los RSU en cada domicilio se recogen los distintos residuos en diferentes bolsas y se cuida especialmente este trabajo previo del ciudadano separando los diferentes tipos de basura. En esta fase hay que cuidar que no se produzcan roturas de las bolsas y contenedores, colocación indebida, derrame de basuras por las cales, etc. También se están diseñando camiones para la recogida y contenedores con sistemas que facilitan la comodidad y la higiene en este trabajo.
- **Recogida general.**- La bolsa general de basura, en aquellos sitios en donde no hay recogida selectiva, o la que contiene lo que no se ha puesto en los contenedores específicos, se deposita en contenedores o en puntos especiales de las calles y desde allí es transportada a los vertederos o a las plantas de selección y tratamiento.
- **Plantas de selección.** En los vertederos más avanzados, antes de tirar la basura general, pasa por una zona de selección en la que, en parte manualmente y en parte con máquinas se le retiran latas (con sistemas magnéticos), cosas voluminosas, etc.
- **Reciclaje y recuperación de materiales.**- Lo ideal sería recuperar y reutilizar la mayor parte de los RSU. Con el papel, telas, cartón se hace nueva pasta de papel, lo que evita talar nuevos árboles. Con el vidrio se puede fabricar nuevas botellas y envases sin necesidad de extraer más materias primas y, sobre todo, con mucho menor gasto de energía. Los plásticos se separan, porque algunos se pueden usar para fabricar nueva materia prima y otros para construir objetos diversos.
- **Compostaje.**- La materia orgánica fermentada forma el "compost" que se puede usar para abonar suelos, alimentar ganado, construir carreteras, obtener combustibles, etc. Para que se pueda utilizar sin problemas es fundamental que la materia orgánica no llegue contaminada con sustancias tóxicas. Por ejemplo, es muy frecuente que tenga exceso de metales tóxicos que hacen inútil al compost para usos biológicos al ser muy difícil y cara su eliminación.
- **Vertido.**- El procedimiento más usual, aunque no el mejor, de disponer de las basuras suele ser depositarlas en vertederos. Aunque se usen buenos sistemas de reciclaje o la incineración, al final siempre quedan restos que deben ser llevados a vertederos. Es esencial que los vertederos estén bien contruidos y utilizados para minimizar su impacto negativo. Uno de los mayores riesgos es que contaminen las aguas subterráneas y para evitarlo se debe impermeabilizar bien el suelo del vertedero y evitar que las aguas de lluvias y otras salgan del vertedero sin tratamiento, arrastrando contaminantes al exterior. Otro riesgo está en los malos olores y la concentración de gases explosivos producidos al fermentar las basuras. Para evitar esto se colocan dispositivos de recogida de gases que luego se queman para producir energía. También hay que cuidar

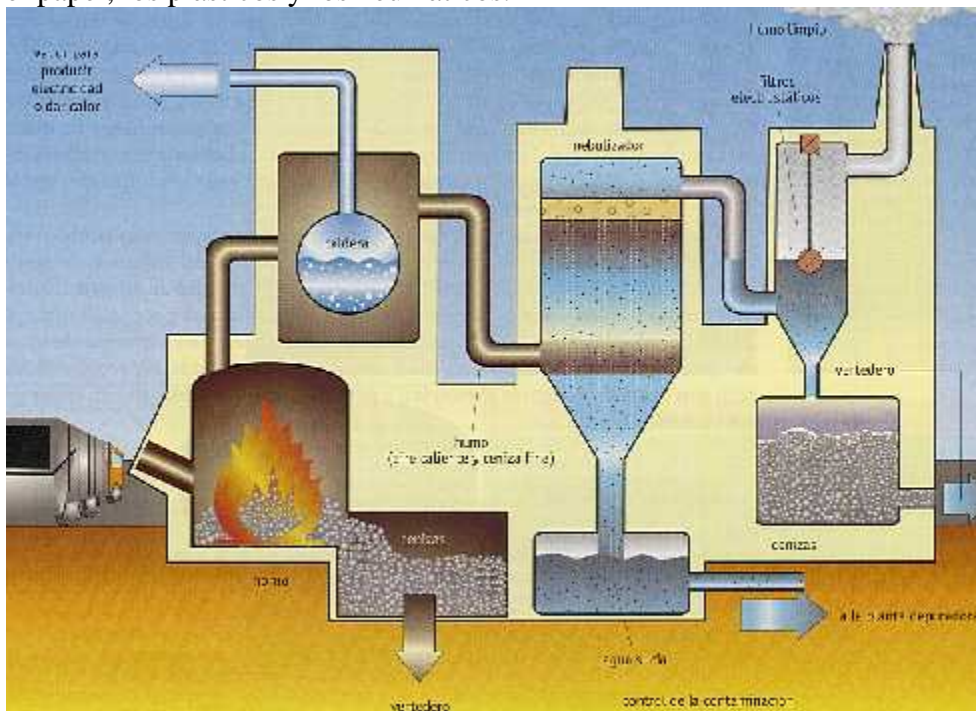
cubrir adecuadamente el vertedero, especialmente cuando termina su utilización , para disminuir los impactos visuales.

Incineración

Quemar las basuras tiene varias ventajas, pero también algún inconveniente. Entre las ventajas está el que se reduce mucho el volumen de vertidos (quedan las cenizas) y el que se obtienen cantidades apreciables de energía. Entre las desventajas el que se producen gases contaminantes, algunos potencialmente peligrosos para la salud humana, como las dioxinas. Existen incineradoras de avanzada tecnología que, si funcionan bien, reducen mucho los aspectos negativos, pero son caras de construcción y manejo y para que sean rentables deben tratar grandes cantidades de basura.

Incinerar los residuos sólidos tiene dos aspectos muy positivos. Se reduce mucho el volumen de restos a almacenar porque, lógicamente, las cenizas que quedan ocupan mucho menos que la basura que es quemada y además se obtiene energía que se puede aprovechar para diferentes usos.

Es muy conveniente quitar algunos de los componentes de la basura antes de incinerarlas. Uno de ellos es el vidrio porque si no, se funde y es difícil de retirar del incinerador. Otro son los restos de los alimentos que contienen demasiada humedad y hacen más difícil la incineración. Los materiales que mejor arden y más energía dan son el papel, los plásticos y los neumáticos.



Esquema del funcionamiento de una incineradora

Al incinerar se produce CO_2 , partículas diversas, metales tóxicos y otros compuestos que salen como humo. Para evitar que salgan a la atmósfera se deben limpiar los humos con filtros electrostáticos que atraen las partículas, las aglutinan y caen por gravedad a unirse a las cenizas. También pasa el humo por una lluvia de agua con productos químicos que neutraliza y retira compuestos tóxicos del humo. Al final salen los humos mucho más limpios si el proceso funciona bien, lo que no siempre ocurre si no se vigila y pone a punto continuamente. Otro importante peligro está en que algunos compuestos como el PVC (policloruro de vinilo) y algunas tintas, cuando arden producen dioxinas y otras sustancias gravemente tóxicas y muy difíciles de eliminar de los gases. De todas

formas, una incineradora de moderna tecnología que funciona bien produce unas emisiones perfectamente aceptables, aunque también su costo es muy alto. Otro de los puntos a resolver cuando se instala una incineradora es decidir donde se depositarán las cenizas que contienen elementos tóxicos. Normalmente se hace esto en vertederos controlados.

Vertederos controlados

Los vertederos tradicionales eran simplemente un lugar en el que se acumulaban las basuras. Al no tener ningún tipo de medida sanitaria especial, se llenan de ratas, se incendian, despiden malos olores y humos, y contaminan los acuíferos subterráneos y las aguas superficiales. En España una gran parte de la basura se sigue llevando a este tipo de vertederos aun hoy día.

Un vertedero controlado es un agujero en el que se compacta e impermeabiliza tanto el fondo como los laterales. En estos vertederos la basura se coloca en capas y se recubre todos los días con una delgada capa de tierra para dificultar la proliferación de ratas y malos olores y disminuir el riesgo de incendios.

En este tipo de vertederos se instalan sofisticados sistemas de drenaje para las aguas que rezuman y para los gases (metano) que se producen. Las aguas se deben tratar en plantas depuradoras antes de ser vertidas a ríos o al mar y los gases que se recogen se aprovechan en pequeñas plantas generadoras de energía que sirven para abastecer las necesidades de la planta de tratamiento de las basuras y, en ocasiones, pueden añadir energía a la red general.

Estos vertederos deben estar vigilados y se hacen análisis frecuentes para conocer las emisiones que se están produciendo y corregir los problemas de funcionamiento. Cuando el vertedero se llena se debe recubrir adecuadamente y dejar el terreno lo más integrado con el paisaje posible. Si esto se hace bien el lugar es apto para múltiples usos, pero se debe seguir controlando durante cierto tiempo después de que haya sido cerrado para asegurar que no se acumula metano que podría provocar peligrosas explosiones, y que no rezuman sustancias tóxicas.

Residuos industriales

La industria genera una gran cantidad de residuos muchos de los cuales son recuperables. El problema está en que las técnicas para aprovechar los residuos y hacerlos útiles son caras y en muchas ocasiones no compensa económicamente hacerlo. De todas formas, está aumentando la proporción de residuos que se valorizan para usos posteriores.

Residuos industriales inertes y asimilables a los RSU

Los residuos inertes son escombros, gravas, arenas y demás materiales que no presentan riesgo para el ambiente. Hay dos posibles tratamientos para estos materiales: reutilizarlos como relleno en obras públicas o construcciones o depositarlos en vertederos adecuados. El principal impacto negativo que pueden producir es el visual, por lo que se debe usar lugares adecuados, como canteras abandonadas o minas al aire libre y se deben recubrir con tierra y plantas para reconstruir el paisaje.

Los residuos similares a los sólidos urbanos que se producen en las industrias suelen ser recogidos y tratados de forma similar al resto de los RSU.

Residuos peligrosos

Son las sustancias que son inflamables, **corrosivas**, **tóxicas** o pueden producir **reacciones** químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud o para el ambiente.

El impacto negativo de estas sustancias se ve agravado cuando son **difíciles de degradar** en la naturaleza. Los ecosistemas naturales están muy bien preparados, por millones de años de evolución, para asimilar y degradar las sustancias naturales. Siempre hay algún tipo de microorganismo o de proceso bioquímico que introduce en los ciclos de los elementos las moléculas. Pero en la actualidad se sintetizan miles de productos que nunca habían existido antes y algunos de ellos, como es el caso de los CFC, DDT, muchos plásticos, etc. permanecen muchos años antes de ser eliminados. Además al salir tantas moléculas nuevas cada año, aunque se hacen ensayos cuidadosos para asegurar que se conocen bien sus características, no siempre se sabe bien que puede suceder con ellos a medio o largo plazo.

Otro hecho que aumenta el daño es la **bioacumulación** que se produce en sustancias, como algunos pesticidas del grupo del DDT. En otras ocasiones los residuos se transforman en sustancias más tóxicas que ellos mismos.

Residuos tóxicos y peligrosos (según las directivas de la Unión Europea) son los que contienen en determinadas concentraciones:

- As, Cd, Be, Pb, Se, Te, Hg, Sb y sus compuestos
- Compuestos de cobre solubles
- Fenol, éteres, solventes orgánicos, hidrocarburos policíclicos aromáticos cancerígenos
- Isocianatos, cianuros orgánicos e inorgánicos
- Biocidas y compuestos fito farmacéuticos
- Compuestos farmacéuticos
- Polvo y fibras de asbesto
- Peróxidos, cloratos y percloratos
- Carbonilos de metales
- Acidos y bases usados en el tratamiento de metales
- Compuestos de cromo hexavalente
- Organohalogenados no inertes
- Alquitranes
- Materiales químicos de laboratorio no identificados o nuevos compuestos de efectos ambientales no conocidos

En la legislación española se añaden a esta lista:

- Talio y sus compuestos
- Los residuos procedentes de la industria del dióxido de titanio
- Los aceites usados minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-aceite y las emulsiones.

Producción de residuos peligrosos

La industria que contribuye más a la producción de este tipo de residuos, en España, es la química, responsable de alrededor de un tercio de todos los que se generan (ver Lindano). Después se sitúan la del automóvil (11%), la metalurgia (10%), seguidas por la industria papelera, alimentaria y de la piel.

Las zonas que más residuos de este tipo producen son, lógicamente, las más industrializadas, con Cataluña (24%), País Vasco (16%), Asturias (15%) y Galicia (15%). Alrededor de un tercio de los residuos peligrosos que se producen son eliminados en el mismo lugar de su formación por las empresas productoras.

Gestión

La primera medida que se debe considerar siempre es si es posible generar **menos residuos** o aprovecharlos en otros procesos de fabricación. Continuamente están saliendo nuevas tecnologías que permiten fabricar con menor producción de residuos, lo que tiene la ventaja de que los costes se reducen porque se desperdicia menos materia prima y no hay que tratar tanto residuo. En la actualidad, en la mayor parte de los sectores industriales, existen tecnologías limpias y el problema es más de capacidad de invertir de las empresas y de formación en los distintos grupos de trabajadores que de otro tipo. Muchas empresas están reduciendo llamativamente la emisión de contaminantes y la generación de residuos, ahorrándose así mucho dinero.

Pero al final de los procesos industriales siempre se generan más o menos residuos. Con la tecnología actual sería posible reducir el impacto negativo de cualquier contaminante a prácticamente cero. Pero hacerlo así en todos los casos sería tan caro que paralizaría otras posibles actividades. Por eso, en la gestión de los residuos tóxicos se busca tratarlos y almacenarlos de forma que no resulten peligrosos, dentro de un costo económico proporcionado. Esto se consigue con diversos **procedimientos**, dependiendo de cual sea el tipo de residuo. Así tenemos:

Tratamientos físicos, químicos y biológicos.- Consiste en someter al residuo a procesos físicos (filtrado, centrifugado, decantado, etc.); biológicos (fermentaciones, digestiones por microorganismos, etc.) o químicos (neutralizaciones, reacciones de distinto tipo). De esta forma se consigue transformar el producto tóxico en otros que lo son menos y se pueden llevar a vertederos o usar como materia prima para otros procesos. Las plantas de tratamiento tienen que estar correctamente diseñadas para no contaminar con sus emisiones.

Incineración.- Quemar los residuos en incineradoras especiales suele ser el método mejor, cuando se hace con garantías, de deshacerse de los residuos tóxicos. Disminuye su volumen drásticamente y, además permite obtener energía en muchos casos. Sus aspectos negativos están en las emisiones de gases y en las cenizas que se forman. Tanto unos como otros suelen ser tóxicos y no pueden ser echados a la atmósfera sin más o vertidos en cualquier sitio.

Vertido.- Al final de todos los procesos siempre hay materias que hay que depositar en un vertedero para dejarlas allí acumuladas. Esta es una parte especialmente delicada del proceso. Los vertederos de seguridad deben garantizar que no se contaminan las aguas subterráneas o superficiales, que no hay emisiones de gases o salida de productos tóxicos y que las aguas de lluvia no entran en el vertido, porque luego tendrían que salir y lo harían cargadas de contaminantes. En la práctica esto es muy difícil de realizar, aunque se han realizado progresos en el diseño de estos vertederos.

Uso de naciones del tercer mundo para depositar los residuos

Una de las cuestiones menos claras en la gestión de residuos es la práctica de algunos países industrializados de mandar residuos tóxicos y peligrosos a otros países, normalmente, poco desarrollados. Algunos residuos se exportan para su legítimo tratamiento y reciclaje, pero en otros casos es simplemente porque es más barato que tratarlos adecuadamente y en el país que los recibe no existen las trabas y limitaciones que en el que envía.

A veces los países que a los que se envían ni siquiera saben que los están recibiendo. Así sucedió, por ejemplo, en los años ochenta en los que una empresa italiana llevó 8000 barriles llenos del peligroso tóxico PCB a Nigeria sin el permiso del Gobierno de aquel país. Cuando se enteraron se sintieron ofendidos, lógicamente, y exigieron a Italia la recogida de los barriles. El barco Karin B los cargó e intentó, sin éxito, dejarlos en cinco países europeos, hasta que tuvo que devolverlos a Italia.

El Convenio Internacional de Basilea (1992), al que se han adherido la mayoría de los países, ha limitado fuertemente estas prácticas.

Residuos agrarios y similares

Se incluye en este grupo los residuos de las actividades del llamado **sector primario** de la economía (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal y cinegética) y los producidos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras y el tabaco.

La mayor parte de los residuos de estas actividades son **orgánicos**: ramas, paja, restos de animales y plantas, etc. Muchos de ellos se quedan en el campo y no se pueden considerar residuos porque contribuyen de forma muy eficaz a mantener los nutrientes del suelo. En algunos bosques aumentan el riesgo de incendio, pero desde el punto de vista de la ecología, retirar toda la materia orgánica disminuye la productividad y retrasa la maduración del ecosistema.

Algunas granjas intensivas y muchas industrias conserveras, aceiteras o similares generan residuos mucho más contaminantes que, por su gran volumen o su toxicidad, exigirían tratamientos especiales y caros.

Tratamiento de los residuos agrarios

En las prácticas agrícolas y ganaderas tradicionales casi todos los restos **se aprovechaban**. Se quemaban para obtener energía; se usaban para abonar los campos; la paja servía para alimentar al ganado, etc.

Los métodos modernos de explotación del campo han convertido en residuos muchos de estos restos antes aprovechables. Ya no hay ganado que trabaje los campos y la paja ha perdido su valor porque es más rentable alimentar al ganado con piensos compuestos; los abonos químicos son más baratos que los orgánicos que exigen ser manipulados.

La principal dificultad para un aprovechamiento adecuado de estos residuos es la **económica** y por eso se deben pensar incentivos que faciliten su uso. Ayudas a la agricultura ecológica que usa abonos naturales o al uso de la biomasa para obtener energía.

Otra dificultad importante para la adecuada gestión de estos residuos es el tamaño y la dispersión de las explotaciones que muchas veces no tienen capacidad económica suficiente para tratarlos bien y se convierten en importantes fuentes de contaminación.

Producción de biogás

Los residuos de estas actividades tienen un alto contenido energético. Antes se aprovechaban quemándolos, pero en la actualidad una experiencia muy positiva en algunas regiones ha sido la obtención de gas metano por la fermentación de la biomasa. Los restos orgánicos de las explotaciones se acumulan en un reactor en el que fermentan. En este proceso se produce gas metano que se quema para dar energía. Si el tamaño de la explotación es suficiente puede abastecerse de energía y en los países del tercer mundo está siendo la fuente principal de energía de muchas familias que no tienen acceso a suministros comerciales de combustible o electricidad.

Compostaje

De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en un suelo de un bosque, pero acelerado y dirigido. El abono resultante proporciona a las tierras a las que se aplica prácticamente los mismos efectos beneficiosos que el humus para una tierra natural.

La palabra compost viene del latín componere, juntar; por lo tanto es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro. El abono resultante contiene materia orgánica así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro, necesarios para la vida de las plantas.

Residuos de actividades médicas, de investigación, etc.

Los hospitales producen RSU normales, pero además un tipo de residuos muy específicos formados por restos orgánicos, material de quirófano y curas, etc.. Los residuos clínicos pueden propagar enfermedades y el tratamiento normal es la incineración que asegura la eliminación de microorganismos. Los residuos radiactivos o tóxicos y peligrosos deben ser sometidos a tratamiento especial, según cual sea su naturaleza.

Residuos radiactivos

Elementos radiactivos de distinto tipo se emplean en muy variadas actividades. Las centrales de energía nuclear son las que mayor cantidad de estos productos emplean, pero también muchas aplicaciones de la medicina, la industria, la investigación, etc. emplean isótopos radiactivos y, en algunos países, las armas nucleares son una de las principales fuentes de residuos de este tipo.

Dos **características** hacen especiales a los residuos radiactivos:

- Su gran **peligrosidad**. Cantidades muy pequeñas pueden originar dosis de radiación peligrosas para la salud humana.
- Su **duración**. Algunos de estos isótopos permanecerán emitiendo radiaciones miles y decenas de miles de años

Así se entiende que aunque la cantidad de este tipo de residuos que se producen en un país sea comparativamente mucho menor que la de otros tipos, sus tecnologías y métodos de tratamiento sean mucho más complicados y difíciles.

Tipos de residuos radiactivos

Hay dos grandes grupos de residuos radiactivos:

a) Residuos de alta actividad.- Son los que emiten altas dosis de radiación. Están formados, fundamentalmente, por los restos que quedan de las varillas del uranio que se usa como combustible en las centrales nucleares y otras sustancias que están en el reactor y por residuos de la fabricación de armas atómicas. También algunas sustancias que quedan en el proceso minero de purificación del uranio son incluidas en este grupo. En las varillas de combustible gastado de los reactores se encuentran sustancias como el plutonio 239 (vida media de 24 400 años), el neptuno 237 (vida media de 2 130 000 años) y el plutonio 240 (vida media de 6 600 años). Se entiende que el almacenamiento de este tipo de residuos debe ser garantizado por decenas de miles de años hasta que la radiactividad baje lo suficiente como para que dejen de ser peligrosos.

b) Residuos de media o baja actividad.- Emiten cantidades pequeñas de radiación. Están formados por herramientas, ropas, piezas de repuesto, lodos, etc. de las centrales nucleares y de la Universidad, hospitales, organismos de investigación, industrias, etc. El **desmantelamiento** de las centrales nucleares produce grandes cantidades de residuos radiactivos de los dos tipos. Las centrales envejecen en 30 o 40 años y deben ser desmontadas. Los materiales de la zona del reactor son residuos de alta actividad en gran parte y otros muchos son de media o baja actividad.

Producción de residuos radiactivos en España

En España funcionan 9 reactores nucleares y casi 2000 instalaciones nucleares o radiactivas.

Los residuos de media y baja actividad que no se pueden eliminar en la atmósfera o en las aguas se guardan en **El Cabril** (Córdoba) en la que se podrán llegar a almacenar hasta 50 000 m³ de residuos de media y baja actividad.

Los residuos de alta actividad se guardan en las piscinas de las centrales nucleares. Ahí permanecen refrigerados en agua que retiene su radiación. Los residuos de **alta actividad** son difíciles de tratar. El volumen de combustible gastado que queda en las centrales de energía nuclear normales se puede reducir mucho si se vuelve a utilizar en plantas especiales. Esto se hace en algunos casos, pero presenta la dificultad de que hay que transportar una sustancia muy peligrosa desde las centrales normales a las especiales.

Los residuos que quedan se suelen **vitrificar** (fundir junto a una masa vítrea) e introducir en contenedores muy especiales capaces de resistir agentes muy corrosivos, el fuego, terremotos, grandes colisiones, etc. Estos **contenedores** se almacenarían en vertederos definitivos que deben estar contruidos a **gran profundidad**, en lugares muy estables geológicamente (depósitos de arcilla, sales o macizos graníticos) y bien refrigerados porque los isótopos radiactivos emiten calor.

Se están estudiando varios emplazamientos para este tipo de almacenes, pero por ahora, la mayoría de los residuos de alta actividad se almacenan en lugares provisionales o en las piscinas de la misma central.

Productos químicos

En cualquiera de nuestras casas tenemos en la actualidad más productos químicos que los que había en un laboratorio científico hace cien años. Medicinas, insecticidas, pinturas, productos de limpieza, conservantes de los alimentos, plásticos de los envases o de los vestidos, aislamientos de las paredes, componentes de pilas, electrodomésticos y muebles, el barniz que recubre el suelo, etc. Estamos en contacto cada día con miles de productos químicos distintos sintetizados por el hombre.

Se han sintetizado y estudiado más de diez millones de sustancias químicas y metales distintos. De todos los conocidos se calcula que son unos 100 000 los que se usan comercialmente y este número crece cada año con más de 300 productos nuevos.

Riesgos en el uso de estos compuestos

Los compuestos químicos nos resultan muy útiles pero algunas sustancias químicas afectan gravemente a la salud humana, pues ocasionan sufrimiento y muerte prematura, y dañan seriamente el medio ambiente. Entre los numerosos y sobradamente conocidos ejemplos, cabe señalar el amianto, causante de cáncer de pulmón y mesotelioma, el benceno, que provoca leucemia, y el DDT, cuyo uso intensivo ocasiona trastornos de la reproducción en las aves. Pese a que esas sustancias hayan sido totalmente prohibidas o sometidas a otras restricciones, cuando se tomaron medidas, el daño ya estaba hecho, pues sus efectos negativos no se conocieron hasta que se emplearon en grandes cantidades.

Para que se autorice su uso deben pasar por análisis y pruebas diversos; pero es probable que algunos de ellos no sean inofensivos a largo plazo, aun cuando las concentraciones en las que están en el ambiente sean muy bajas. Ha sucedido en varias ocasiones que se ha descubierto al cabo de los años que productos que venían usándose durante tiempo, tenían riesgos para la salud o el ambiente.

Pesticidas

Plagas

Entre los insectos, hongos, bacterias hay muchos que son muy **beneficiosos** para el hombre. Las abejas, por ejemplo, son muy importantes en la agricultura porque son uno de los insectos que transportan el polen de las flores, fertilizándolas. Las mariquitas se alimentan de otros insectos que dañan las cosechas, por lo que ayudan de forma muy eficaz a luchar contra las plagas. Bacterias y hongos nos permiten fabricar el pan, el vino, los antibióticos y muchas otras sustancias de gran interés.

Pero algunas hierbas, insectos, roedores, bacterias, hongos, etc. son **parásitos** del hombre, transmiten enfermedades o se alimentan de las cosechas o el ganado. Son los que llamamos **plagas**.

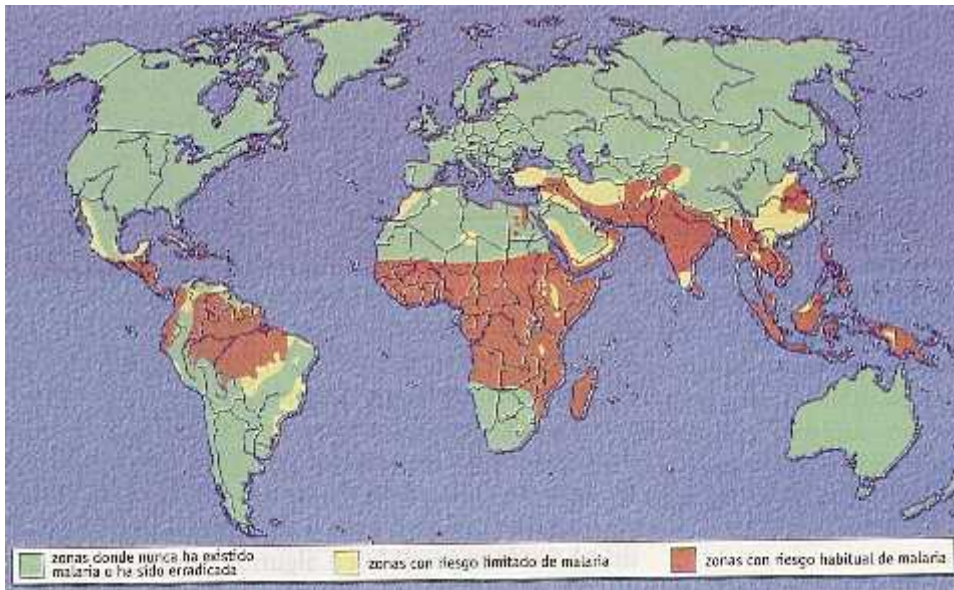
Se calcula que al menos el 10% de la cosecha mundial es destruida por estos organismos mientras la tenemos almacenada. Durante el crecimiento de las cosechas se producen también grandes pérdidas y se estima que entre el 30 y el 40% de las cosechas y la ganadería se pierde por las plagas.

Algunas de las técnicas agrícolas actuales, por ejemplo el monocultivo, favorecen la propagación de las plagas. En los monocultivos crece un solo tipo de planta en grandes extensiones de terreno y los organismos que se alimentan de esa planta se encuentran con una situación excelente para alimentarse de ella y aumentar su población. Además el campo del monocultivo es un ecosistema muy simple, con muy poca variedad de organismos, y no contiene, como le sucede como al ecosistema natural, muchas más especies, algunas de las cuales mantienen controladas las plagas de forma natural.

Necesidad de los pesticidas

Los pesticidas ayudan a combatir los daños causados por las plagas y son muy beneficiosos. Sin ellos no se podría haber dado el gran aumento de producción de alimentos de la llamada "**revolución verde**" que ha permitido alimentar, cada vez mejor, a una creciente población mundial. El uso de pesticidas se multiplicó por 32 de 1950 a 1986. Los países en vías de desarrollo también los han ido empleando cada vez más y, en la actualidad, consumen la cuarta parte de este tipo de productos. Se calcula que por cada euro invertido en pesticidas el agricultor se ahorra pérdidas por valor de unas 3 a 5 euros.

Otra importante utilidad de los pesticidas ha sido la lucha contra **epidemias**, como el tifus o la malaria, transmitidas por insectos u otros parásitos humanos. Son enfermedades que afectan a una elevada proporción de la población; por ejemplo, se calcula que unos 100 millones de personas sufren de malaria en el mundo y que, gracias a los pesticidas, han disminuido de forma muy importante.



Mapa de extensión de la malaria

Peligros

Los pesticidas tienen también sus riesgos, además de las importantes ventajas que hemos comentado. Si acaban con las plagas es porque son sustancias **tóxicas**, y su uso excesivo e inapropiado puede causar contaminación, tanto del ambiente como de los mismos alimentos y, en algunos casos, daños en la salud de los agricultores o de otras personas.

¿Cuál sería el perfecto pesticida?

El pesticida ideal debería tener lo que se llama "**acción restringida**", es decir ser un producto que matara al organismo de la plaga sin dañar a las otras especies.

También debería ser de **rápida descomposición**, química o biológica, de forma que, cuanto antes, originara compuestos no peligrosos del tipo de agua, dióxido de carbono y oxígeno.

Para terminar, el perfecto pesticida tendría que **permanecer en el sitio** en el que se aplica, sin desplazarse a otros lugares.

Problemas en el uso de pesticidas

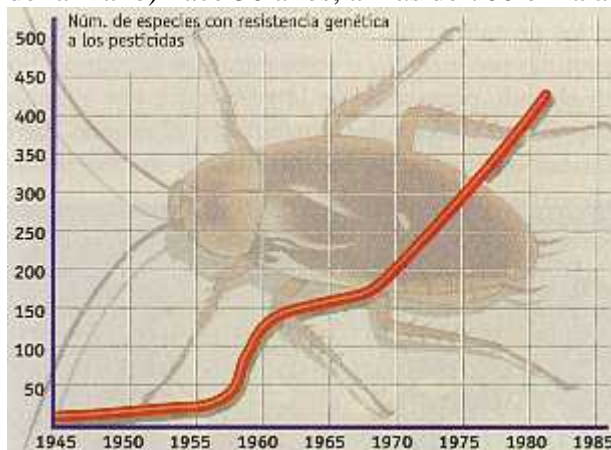
Es muy normal que cuando comienza a usarse un nuevo pesticida los resultados que se obtienen sean muy buenos y se consiga controlar las plagas con poca cantidad del producto. Pero al cabo de un cierto tiempo suelen empezar a surgir problemas que disminuyen la utilidad de ese producto y hacen necesario buscar nuevos plaguicidas. Este y otros problemas del uso de los pesticidas se analizan a continuación:

1.- Resistencia genética

La llamada resistencia genética se produce porque entre los muchos individuos que componen la población de una plaga algunos poseen genes que hacen que el pesticida no sea tóxico para ellos y estos individuos aguantan la acción del pesticida sin morir. Son precisamente estos que no han muerto los que tienen descendencia y forman las nuevas poblaciones de la plaga que heredan el gen de resistencia y la acción del pesticida contra ellas será mucho menor.

Como en los insectos y, en general en los organismos de las plagas, las generaciones se suceden unas a otras con rapidez y el tamaño de las poblaciones es muy grande, la resistencia genética se extiende en unos pocos años.. El número de especies de plaga

con resistencia a los pesticidas ha aumentado de unas pocas (se contaban con los dedos de la mano) hace 50 años, a más de 700 en la actualidad.



Incremento en el número de especies de insectos con resistencia genética a los pesticidas

2.- Alteraciones en el ecosistema

Otro de los principales problemas asociados al uso de pesticidas es el que estos matan no solo a la plaga, sino también a otros insectos beneficiosos como abejas, mariquitas y otros organismos. De esta forma pueden hacer desaparecer a los enemigos naturales de la plaga o provocar que estos se trasladen a otros lugares porque ya no encuentran alimento en ese campo y, después de un breve periodo, la población de la plaga rebrota y además en mayor cantidad que antes al no tener enemigos naturales.

Así, por ejemplo, en una investigación en la que se usó el insecticida dieldrin para matar a los escarabajos japoneses, los científicos encontraron que este insecticida provocaba además la muerte de un gran número de organismos como pájaros, conejos, ardillas, gatos e insectos beneficiosos. Desde entonces el uso de dieldrin ha sido suprimido en algunos países.

3.- Provocar la aparición de nuevas plagas

Las alteraciones en el ecosistema citadas han provocado, en algunas ocasiones, que organismos que hasta ese momento no eran plagas, al desaparecer otras especies que mantenían controlado su número, se hayan convertido en nuevas plagas.

Así, por ejemplo, cuando se usó DDT para controlar unos insectos que destruían los limoneros, como consecuencia indirecta se originó una plaga nueva con un insecto chupador que ataca a las plantas y que no era problemático antes del tratamiento con DDT.

4.- Acumulación en la cadena trófica (Bioacumulación)

Algunos pesticidas tienen estructuras químicas muy estables y tardan años en descomponerse a formas menos tóxicas. En las zonas en las que se echan estas sustancias las concentraciones del insecticida son cada vez mayores y aunque haya pasado tiempo desde la última aplicación el pesticida seguirá presente impregnándolo todo.

En muchos casos estos productos son, además, difíciles de eliminar por los organismos porque son poco solubles en agua y tienden a acumularse en los tejidos grasos. Cuando unos organismos van siendo comidos por otros el pesticida se va acumulando en mayores proporciones en los tramos finales de la cadena trófica. De esta forma un pesticida que se encuentra en concentraciones muy bajas, nada peligrosas, en un bosque o un lago, termina estando en concentraciones decenas o cientos de veces más altas en los tejidos grasos de los animales, como aves rapaces o peces o mamíferos depredadores que están situados en lo más alto de la cadena trófica.

5.- Movilidad en el ambiente

Otra fuente de problemas en el uso de pesticidas es que no permanecen en el lugar en el que se han depositado sino que se **esparcen** a través del agua, del suelo y del aire, a veces a grandes distancias.

6.- Riesgos para la salud humana

El contacto con pesticidas puede dañar a las personas en algunas circunstancias. Si el contacto es con altas dosis de pesticidas puede producirse la muerte; pero dosis bajas con largos períodos de contacto también pueden provocar enfermedades como algunos tipos de cáncer u otras.

El número de personas que mueren por pesticidas es bajo pero decenas de miles de personas se envenenan con ellos todos los años padeciendo síntomas más o menos graves. La mayoría son agricultores u otras personas que trabajan en contacto con los pesticidas. Sobre todo personas poco entrenadas para su uso, en los países en vías de desarrollo, son las que sufren estos percances.

Como en el mundo actual todos estamos expuestos diariamente al contacto y a la ingestión de pequeñísimas cantidades de plaguicidas y otros productos artificiales, algunos autores sugieren que las consecuencias para la humanidad, a largo plazo, pueden ser serias. Hablan de disminución de la fertilidad, aumento en el número de cánceres, malformaciones congénitas, etc. Aunque no hay evidencia de que esto sea así, tampoco hay completa seguridad de que el efecto a largo plazo de todo este conjunto de sustancias que estamos poniendo en el ambiente sea totalmente inocuo.

Tipos de pesticidas

a) Insecticidas

Los insectos son los que más plagas ocasionan. Escarabajos, orugas, moscas y mosquitos, y muchos otros tipos de insectos causan grandes daños en las cosechas y transmiten enfermedades. Más de la mitad de los pesticidas son del grupo de los insecticidas.

Desde hace milenios los hombres utilizan sustancias como cenizas, azufre, compuestos arsenicales, tabaco molido, cianuro de hidrógeno, compuestos de mercurio, zinc y plomo, etc. para luchar contra los insectos. Forman el grupo de los llamados insecticidas de la **1ª generación**. Son productos en general muy tóxicos, poco efectivos en la lucha contra la plaga y muy persistentes en el ambiente (hasta 50 años). Hoy día se usan muy poco y bastantes de ellos están incluso prohibidos por su excesiva toxicidad..

Los avances de la ciencia y de la industria química hicieron posible la aparición de mejores insecticidas que se suelen denominar de la **2ª generación**. Son un variado conjunto de moléculas que se clasifican en grupos según su estructura química. Las tres familias más importantes son los organoclorados (clorocarbonados), los organofosfatos y los carbamatos.

Los **organoclorados** (DDT, aldrin, endrin, lindano, etc.) son tóxicos, su persistencia en el ambiente sin ser destruidos llega a ser de años y se bioacumulan, es decir, van aumentando su concentración al ir ascendiendo en la cadena trófica.

Los **organofosfatos** (malation, paration, etc.) son poco persistentes (días) y se eliminan en la orina. Muy tóxicos para el hombre, tanto como los más conocidos venenos como son el arsénico, la estricnina o el cianuro. Fueron desarrollados a partir del gas nervioso preparado por los alemanes en la 2ª Guerra Mundial. Se usan mucho en agricultura.

Los **carbamatos** (por ejemplo el carbaril, de nombre comercial Servin; o el propoxur, llamado Baygon, etc.) son poco persistentes (días) y se eliminan en la orina. Son poco tóxicos para el hombre pero menos eficaces en su acción como pesticidas que los

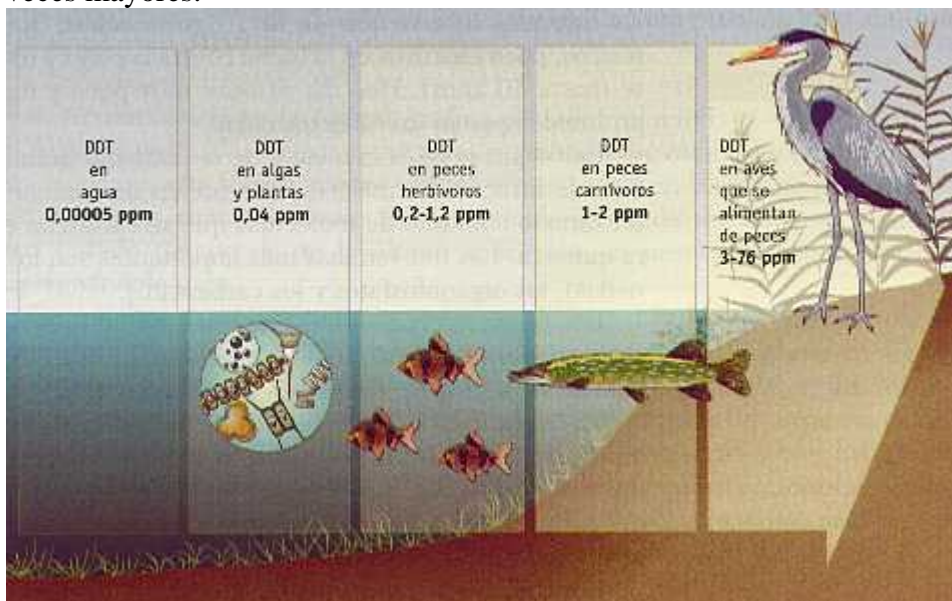
organofosfatos. Se usan menos en agricultura y más en interiores, como insecticidas caseros, etc.

El caso del DDT

El caso del DDT resulta especialmente interesante de analizar por ser muy representativo de los pros y contras de los insecticidas, especialmente de los más antiguos. Algún autor ha llegado a titular su capítulo sobre este producto con el expresivo encabezamiento de "Una historia de beneficios olvidados y de ingratitud social"

Químicamente el DDT es el 2,2-bis-(p-clorofenil)-1,1,1-tricloroetano y fue el primero de los insecticidas de la 2ª generación. Había sido sintetizado en 1874 pero su uso como insecticida comenzó en 1939 cuando el químico suizo Müller descubrió sus propiedades como veneno para los insectos y su baja toxicidad para los humanos. Este científico recibió el Premio Nobel en 1948 en reconocimiento al impresionante avance que este producto había representado en la lucha contra las enfermedades y las plagas. Se calcula que en los primeros años de uso del DDT se evitó la muerte de 5 millones de personas cada año, además de la protección de cosechas y del aniquilamiento de insectos domésticos. Así, por ejemplo, en la India, en 1952 hubo 75 millones de casos de malaria y en 1964, después de usar masivamente el DDT, 100.000 casos.

Pero conforme se fueron descubriendo algunos importantes problemas asociados a su uso, empezó a ser cada vez menos usado. La máxima producción de este insecticida se produjo en 1970 y a partir de entonces se fue prohibiendo su uso, cada vez en más países, y descendiendo su producción. El motivo de este declinar del favor social del DDT fueron los graves problemas que se detectaron. En primer lugar es un producto de **lenta conversión a sustancias no tóxicas** en la naturaleza, su persistencia media es de unos 3 años. Además es muy **poco soluble en agua**, lo que hace que no se elimine en la orina, y es muy soluble en grasas, por lo que **se acumula** en tejidos de los organismos. Por estos motivos se va acumulando a lo largo de la cadena trófica. Así, por ejemplo, el DDT que se extendía sobre un cultivo se encontraba en una concentración bajísima en las plantas; pero en los insectos que se alimentaban de estas plantas estaba ya en concentraciones diez veces mayores. Si el insecto resiste al DDT será comido por ranas, por ejemplo, en las que el DDT alcanzará concentraciones 100 veces mayores que las de las plantas; y las rapaces que comen a las ranas llegan a tener concentraciones 1000 veces mayores.



El DDT se acumula en la cadena trófica

Uno de los principales efectos de estas concentraciones de DDT fueron sobre la reproducción de las aves, porque sus huevos tenían unas cáscaras extraordinariamente finas y frágiles y muchos se rompían durante la incubación. De esta forma las poblaciones de algunas especies de aves disminuyeron de forma alarmante.

Otro importante problema fue que muchos organismos desarrollaron resistencia y para luchar contra ellos había que emplear cantidades cada vez mayores del producto y con menor eficacia..

De ser un benefactor de la humanidad pasó a ser enemigo público entre los años 1970 a 80 y con ello llegó su prohibición. Aunque, afortunadamente, su desuso coincidió con el desarrollo de nuevos insecticidas con características mucho menos peligrosas.

Herbicidas

Las plantas no deseadas que crecen en los cultivos son uno de los problemas clásicos en agricultura. Los herbicidas se han desarrollado para destruir estas malas hierbas.

Desde el punto de vista de su naturaleza química hay más de 12 familias de compuestos químicos que se usan como herbicidas. Hay herbicidas selectivos que solo matan algún tipo de plantas y otros no selectivos que matan toda la vegetación. Entre los selectivos los hay que eliminan las plantas con hoja ancha mientras que otros eliminan las hierbas gramíneas.

Los dos herbicidas más comunes tienen una estructura química similar. Son el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T). Su estructura química es similar a la de la hormona del crecimiento de algunas plantas y destruyen las plantas de "hoja ancha", pero no las gramíneas (hierbas y cereales). Son, por esto, muy utilizadas como herbicidas en cultivos de trigo, maíz, arroz, etc. que son algunos de los cultivos más importantes del mundo.

Otros sistemas de control de plagas

Los pesticidas solos, dados los problemas que ocasionan, no son la solución ideal, a largo plazo, para la lucha contra las plagas. Por fortuna van apareciendo otras armas. Algunas de las más prometedoras son el uso de métodos de cultivo que dificulten la extensión de la plaga, el control biológico y genético de las plagas, el uso de hormonas y feromonas, la radiación, etc. El uso combinado de estas técnicas complementado cuando es necesario con una utilización moderada de pesticidas, recibe el nombre de Control Integrado de Plagas. La FAO (organismo de Naciones Unidas encargado de la alimentación) está impulsando programas de Control Integrado de Plagas y considera que es el método idóneo para llegar a una agricultura sostenible. A continuación estudiamos con más detalle algunos de estos medios:

1.-Técnicas de cultivo

Varias características del cultivo tienen importancia en la lucha contra la extensión de la plaga. El que las plantas estén sanas y robustas las hace mucho más resistentes contra los organismos que les atacan y elegir bien la época de plantación, riego o fertilización es de gran importancia para mantener cultivos sanos.

Otra técnica que se está usando con éxito, por ejemplo en los cultivos de alfalfa, es dejar una parte del campo sin cultivar. Esta zona no cultivada sirve para que los depredadores del organismo que causa la plaga vivan ahí. Ellos mismos controlan las plagas de la zona vecina cultivada.

La rotación de los cultivos también es eficaz en el control de plagas. Se ha visto, por ejemplo, que cuando no se planta todos los años el maíz en las mismas hileras de un campo, una plaga de esta planta llamada el gusano de la raíz, es eficazmente controlada.

2.- Control biológico

Consiste en usar las enfermedades, parásitos o depredadores naturales para controlar los organismos de la plaga. Se ha usado, por ejemplo, con éxito, cuando en una zona se ha introducido una plaga procedente de otra parte de la Tierra. El organismo recién llegado se encuentra en condiciones ideales para multiplicarse porque no tiene enemigos o competidores en el nuevo lugar que acaba de invadir. Una solución, que ha dado buen resultado en varias ocasiones, ha sido buscar en el lugar de origen de la plaga los organismos que allí la controlaban y llevarlos al nuevo lugar atacado.

3.- Control genético

En el control genético no se usa una especie distinta para controlar la plaga, sino que se modifica la misma especie.

Una de estas técnicas de control usa **machos estériles**. Se esteriliza un gran número de machos del insecto de la plaga que luego son liberados. Los estériles compiten con los normales en la fecundación de las hembras, por lo que muchas de las descendencias teóricamente posibles no se producen, con lo que va disminuyendo la población de la plaga de una generación a otra. Esta técnica tiene éxito especialmente en aquellas especies de insectos en los que la hembra sólo se cruza una vez.

Otro de los procedimientos consiste en desarrollar, por diversas técnicas, variedades de **cultivos resistentes** a la plaga. Se puede hacer seleccionando ejemplares de la planta que han resistido a la plaga y cruzándolos entre sí, hasta obtener una variedad genética resistente. Este proceso suele durar unos 10 o 20 años pero el resultado suele compensar con creces el esfuerzo y dinero empleados.

La **ingeniería genética** aporta técnicas muy interesantes para conseguir variedades de plantas resistentes a las plagas. Así, por ejemplo, un gen de la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* (productora de un veneno que mata a los insectos) ha sido introducido en plantas de algodón. Las orugas que se alimentan de hojas de estas plantas genéticamente alteradas mueren o sufren graves alteraciones en su desarrollo.

El desarrollo de variedades resistentes ha tenido grandes éxitos en la lucha contra las plagas, pero no siempre ha sido un éxito total. En muchos casos los insectos, hongos o bacterias evolucionan rápidamente y pueden volver a convertirse en plaga de la variedad que era resistente.

4.-Hormonas y feromonas

Las feromonas son sustancias que los animales producen para atraer o provocar una respuesta en otros individuos de su misma especie. Son muy conocidas las que usan para atraer a los individuos del otro sexo y facilitar de esta manera la fecundación. Cada especie de insecto tiene sus propias feromonas específicas y por esto se pueden usar muy selectivamente para actuar sobre un organismo concreto. Así, por ejemplo, han sido usadas con éxito para atraer escarabajos japoneses a trampas en las que son matados.

Las hormonas que usan los insectos para controlar su desarrollo y su crecimiento también se pueden usar para luchar contra ellos. Estas hormonas deben estar presentes en determinados momentos de la vida del insecto en las cantidades apropiadas y si están presentes en otros momentos no adecuados provocan graves deformaciones y la muerte del insecto. Se investiga para encontrar sustancias de este tipo, pero también ha surgido la preocupación de que pudieran provocar daños en otros organismos, incluso en los hombres.

5.- Cuarentena

Cuando hay riesgo de que la importación de una planta u animal de otro país introduzca una nueva plaga, los gobiernos prohíben su importación, o decretan la cuarentena de la explotación agraria en la que se haya producido la aparición de esta nueva plaga. Esta

cuarentena puede suponer la destrucción de toda la cosecha o el ganado de esa explotación contaminada o la prohibición de vender sus productos durante un tiempo.

6.- Control integrado de plagas

Muchas plagas no pueden ser controladas eficazmente con una sola técnica, pero usando varios métodos de control combinados se obtienen buenos resultados. A esta combinación de técnicas de cultivo, controles biológicos y uso de productos químicos se le conoce como Control Integrado de Plagas. En este sistema se usan los pesticidas lo menos posible, sólo cuando otros métodos no son eficaces.

Este sistema forma parte muy importante de los nuevos métodos agrícolas que están siendo impulsados en todo el mundo como forma de asegurar una agricultura eficaz y respetuosa con el ambiente. En algunos cultivos como los del algodón está teniendo ya especial influencia. El algodón es un cultivo en el que se emplean una gran cantidad de pesticidas. En Estados Unidos, por ejemplo, aunque sólo el 1% del terreno agrícola se emplea para este cultivo, consume casi el 50% del total de insecticidas empleados en ese país. El uso de técnicas tan sencillas como la plantación de hileras de alfalfa junto a los campos de algodón, reduce la necesidad de pesticidas químicos, porque provoca que *Lygus*, un insecto que provoca considerables daños en el algodón, se traslade a la alfalfa, a la que prefiere como alimento.

Metales tóxicos

Metales tan conocidos y utilizados como el plomo, mercurio, cadmio, níquel, vanadio, cromo, cobre, aluminio, arsénico o plata, etc., son sustancias tóxicas si están en concentraciones altas. Especialmente tóxicos son sus iones y compuestos.

Muchos de estos elementos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas o formar parte de la dieta de los animales. Pero cuando por motivos naturales o por la acción del hombre se acumulan en los suelos, las aguas o los seres vivos en concentraciones altas se convierten en tóxicos peligrosos.

La industrialización ha extendido este tipo de contaminación ambiental. Por ejemplo en los países más desarrollados la contaminación con el plomo procedente de los tubos de escape de los vehículos ha sido un importante problema, aunque desde hace unos años se está corrigiendo con el uso de gasolinas sin plomo. También la contaminación en los alrededores de las grandes industrias metalúrgicas y siderúrgicas puede alcanzar niveles muy altos y desechos tan frecuentes como algunos tipos de pilas pueden dejar en el ambiente cantidades dañinas de metales tóxicos, si no se recogen y tratan adecuadamente.

Intoxicaciones por mercurio

En el siglo XIX era frecuente que los trabajadores de la industria textil de fabricación de sombreros sufriera enfermedades neurológicas. Da una idea de la extensión de este problema el que se solía decir: "Loco como un sombrerero". Estas enfermedades se producían porque se usaban compuestos con mercurio para la fabricación de los sombreros.

En épocas más recientes, en la década de 1960, cientos de habitantes de Irak, Irán, India y Pakistán, murieron intoxicados por haber comido semillas de cereal que habían sido tratadas con un fungicida que contenía compuestos de mercurio. Las semillas tratadas con ese veneno se repartían a los agricultores para que las sembraran, no para que las comieran, y el fungicida las protegía de su destrucción por los hongos. Esto estaba claramente explicado en las etiquetas de los paquetes de semillas, pero muchos de esos campesinos, con muy escasa formación, no entendieron claramente las repercusiones que podía tener el ingerir las semillas y se intoxicaron.

Otra importante intoxicación con mercurio fue la de la Bahía de Minamata, en Japón. Una fábrica de productos químicos había estado vertiendo compuestos de mercurio de baja toxicidad a la bahía durante varios años (1932 a 1968). La actividad de los microorganismos anaeróbicos de los sedimentos convirtió esos vertidos en metilmercurio que es un compuesto muy tóxico y que se va acumulando en la cadena trófica. Los peces acumularon dosis altas de metilmercurio y cientos de personas de la población próxima, que se alimentaban principalmente de la pesca, sufrieron la que se suele llamar enfermedad de Minamata que causa importantes daños en el sistema nervioso y lleva a la muerte a casi la tercera parte de los pacientes.

Procedencia de la contaminación con metales tóxicos

Contaminación artificial

La agricultura usaba algunos pesticidas inorgánicos como arseniatos de Pb y Ca, sulfato de Cr, etc, que eran muy tóxicos. Se han usado hasta hace no mucho tiempo, especialmente en las plagas forestales. Ahora ya no se usan, pero como son muy persistentes en el ambiente, sigue habiendo lugares con concentraciones altas de estos productos. Algo similar sucedió con el uso de alquilmercuriales para recubrir semillas que desde 1960 están prohibidos.

El uso de los lodos de depuradoras como abonos es, en principio, una buena idea que permite aprovechar los desechos de las plantas porque contienen una elevada cantidad de materia orgánica, magnífico nutriente para las plantas. Pero si el agua que llega a la depuradora no es solo urbana, sino que viene también de instalaciones industriales, es muy frecuente que contenga metales tóxicos que quedan en los lodos e intoxican las plantas y el suelo si se usan como abonos.

Los vertederos de minas y las industrias metalúrgicas son otra fuente de contaminación con metales muy importante en las zonas en las que están situadas. En los vertederos se suele producir lixiviación cuando el agua de lluvia disuelve y arrastra las sustancias tóxicas y las transporta por los ríos o contamina las aguas subterráneas.

Los automóviles contaminan, especialmente en la franja de unas decenas de metros más cercanas a las carreteras y en las ciudades. La contaminación con plomo ha disminuido desde que se ha sustituido el tetraetilo de plomo por otras sustancias antidetonantes en las llamadas gasolinas sin plomo, aunque algo de plomo siguen conteniendo. Otro metal procedente de los automóviles es el cinc que es un componente de los neumáticos.

Compuestos orgánicos

Dioxinas, PAH (hidrocarburos aromáticos policíclicos), PCB (bifenilos policlorados) y otros compuestos orgánicos son moléculas que se caracterizan por ser muy estables químicamente y por tanto de difícil destrucción. Permanecen en el ecosistema años y algunas de ellas van acumulándose en la cadena trófica. Por esto las que son tóxicas son especialmente peligrosas y algunas son muy venenosas.

Dioxinas

Las dioxinas se han hecho muy conocidas en los últimos años porque preocupa su presencia en el ambiente ya que se encuentran en muchos lugares, aunque en bajas concentraciones, y algunas de ellas son extremadamente tóxicas. Junto con las dioxinas se suelen encontrar furanos que son unos compuestos químicos similares.

Las dioxinas y los furanos no se sintetizan deliberadamente, excepto en pequeñas cantidades para trabajos de investigación. Se producen sin querer, principalmente de dos maneras:

1. en el proceso de fabricación de algunos pesticidas, conservantes, desinfectantes o componentes del papel;

2. cuando se queman a bajas temperaturas materiales como algunos productos químicos, gasolina con plomo, plástico, papel o madera.

Hay varios cientos de dioxinas y furanos pero en su mayoría sólo son ligeramente o nada tóxicos. Pero una docena de ellos están entre las sustancias más tóxicas que se conocen. Una simple dosis de 6 millonésimas de gramo de la dioxina más letal que es la 2,3,7,8-TCDD, mata a una rata. Todavía no se sabe bien como afectan a los humanos estas sustancias. Se ha podido observar la acción de estos compuestos cuando alguna persona ha quedado expuesta por accidente a ellas, pero en estos casos sólo se puede conocer la dosis que han recibido muy aproximadamente. Por esto es arriesgado pronunciarse sobre los efectos que producen las distintas dosis, especialmente cuando hablamos de contacto con estas sustancias durante periodos de tiempo largos.

Cuando algunas personas, por accidente, han estado expuestas a altas concentraciones de 2,3,7,8-TCDD han tenido diversos problemas de salud, pero casi todos ellos desaparecen pronto, excepto un fuerte acné (llamado cloroacné) que ha veces les ha durado décadas. Ningún estudio ha encontrado que las personas expuestas a estas sustancias, incluso aunque hayan recibido dosis muy altas, tengan índices de mortalidad más altos que lo normal.

Por lo que sabemos hasta ahora, con estudios minuciosos y detallados, las personas que han recibido dosis anormalmente altas de estas sustancias mantienen una salud normal. Todo indica que el hombre soporta estas sustancias mucho mejor que la mayoría de los animales de laboratorio. También es claro que trazas (concentraciones muy bajas, casi inapreciables) de estas sustancias se han encontrado en tejidos y en la leche materna de personas de muchos países; pero no podemos afirmar nada con seguridad sobre los efectos a largo plazo que esta contaminación puede suponer.

PAH (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son un grupo de más de 100 compuestos químicos que, aunque no se suelen fabricar con fines comerciales o industriales, exceptuando unos pocos para la fabricación de algunos plásticos, medicinas, colorantes y pesticidas; se forman en la combustión incompleta del carbón, petróleo, gas y otras sustancias orgánicas.

Respecto a su peligrosidad para la salud podemos decir de ellos algo muy similar a lo afirmado en el caso de las dioxinas. En experimentos de laboratorio, usados a dosis altas, inducen la formación de cáncer, producen problemas de fertilidad y alteraciones en el desarrollo del embrión, etc.

Pero no se puede afirmar que dañen la salud humana, porque ningún estudio ha demostrado claramente relación entre la exposición a estas sustancias a dosis normales en el ambiente y el desarrollo de enfermedades. De todas formas son sustancias bajo sospecha y se sigue estudiando su posible peligrosidad y buscando formas de evitar su emisión al ambiente.

PCB (Bifenilos PoliClorados)

Los PCB son un grupo de 209 compuestos químicos sintetizados por el hombre, entre los cuales hay sustancias de muy distinta toxicidad. Por sus características de buen poder aislante y no ser inflamables, algunos de ellos se han usado mucho como líquidos refrigerantes y lubricantes en transformadores y otros equipos eléctricos. También se han utilizado en la fabricación de pinturas y plásticos, como aceites hidráulicos, etc. En bastantes países se dejaron de fabricar a finales de la década de 1970 cuando se encontraron signos de que son sustancias dañinas para el ambiente y posiblemente para la salud.

Los PCBs son sustancias muy persistentes que tienden a acumularse en los tejidos grasos. Su toxicidad es moderada pero se sospecha que como en el caso de las dioxinas y los PAH, puedan inducir cáncer y dañar al sistema nervioso y al desarrollo embrionario.

Iniciativas de control de los productos tóxicos

Algunas iniciativas son:

El **Convenio de Róterdam**, que entró en vigor en febrero de 2004, a través del procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo, facilita una herramienta para ayudar a los países en desarrollo a manejar con más seguridad y eficacia los plaguicidas y productos químicos peligrosos. Impide, además, la entrada en el territorio nacional de estas sustancias peligrosas, a menos que el país haya manifestado el consentimiento explícito a su importación.

La lista inicial del Convenio abarca 22 plaguicidas peligrosos (aldrín, DDT, lindano, compuestos de mercurio, etc.); cinco productos químicos de origen industrial (bifenilos polibromatados, bifenilos policlorinados, (PCB), etc.) Hay otros 15 productos candidatos para ser incluidos.

El **Convenio de Estocolmo** se refiere a las sustancias denominadas **contaminantes orgánicos persistentes**. Entró en vigor en mayo de 2004. Su finalidad es restringir y llegar a eliminar el uso de 12 contaminantes orgánicos persistentes particularmente tóxicos.

Nueve son plaguicidas: aldrina, clordano, DDT, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno. Otros dos son el hexaclorobenceno (HCB), que también se utiliza como plaguicida y puede ser un subproducto de la fabricación de plaguicidas, y los PCB, o bifenilos policlorados. Además el Convenio abarca dos familias de **subproductos químicos** que no se comercializan pero que se forman en las combustiones y en la elaboración de plaguicidas, cloruro de polivinilo y otras sustancias cloradas. Son las dioxinas policloradas y los furanos.

Estos productos químicos coinciden en cuatro propiedades:

- 1) Son altamente tóxicos;
- 2) son persistentes y tienen una duración de años, incluso décadas, antes de degradarse en formas menos peligrosas;
- 3) se evaporan y se desplazan largas distancias a través del aire y el agua;
- 4) se acumulan en el tejido adiposo.

También tienen otros comportamientos perniciosos. Por ejemplo, el transporte de COP depende de la temperatura; en un proceso conocido como “efecto saltamontes”; estos productos químicos “saltan” alrededor del planeta, se evaporan en los lugares cálidos, se dejan llevar por el viento y las partículas de polvo, se asientan en la tierra en lugares templados, y luego se evaporan y siguen desplazándose. A medida que estas sustancias se alejan del Ecuador encuentran climas más templados con menos evaporación. El resultado es un desplazamiento general de los contaminantes hacia los polos y las zonas montañosas.

Las poblaciones indígenas en el Ártico, cuyas dietas tradicionales contienen muchos alimentos grasos, y con frecuencia no tienen otras posibilidades de alimentación, registran de esta manera uno de los niveles más elevados de contaminantes. Sin embargo, se encuentran a cientos a miles de kilómetros de los lugares en que los plaguicidas y productos químicos industriales se emitieron.

La iniciativa legislativa de la Unión Europea denominada **REACH** [del inglés **R**egistration, **E**valuation and **A**uthorisation of **C**hemicals (registro, evaluación y

autorización de sustancias y preparados químicos)]. Bajo este sistema se registrarán los productos químicos y se estudiarán sus efectos