

EDUARDO E. SANTAMBROSIO

# TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



ROSARIO  
Colección Cuadernillos  
UCEL  
UNIVERSIDAD DEL CENTRO EDUCATIVO LATINOAMERICANO

Centro de Investigación y Desarrollo  
Director: Ingeniero Guillermo Bueno

Colección *Cuadernillos UCEL*  
Director de la colección: Dr. William R. Daros

La presente publicación expresa ideas que son responsabilidad exclusiva del autor.

Rosario, 2001. Copyright by *UCEL: Universidad del Centro Educativo Latinoamericano*. Queda hecho el depósito que previene la ley 11.723. Queda, por esta ley, prohibida y penada su reproducción: Artículos 2, 9, 10, 71, 72, 172.

Impreso y armado final en *Cerider: Centro Regional de Investigación y Desarrollo de Rosario*.

Impreso en Argentina / Printed in Argentine.

## ÍNDICE

### **Conceptos medioambientales.**

Gestión ambiental.  
Impacto ambiental.  
Evaluación de impacto ambiental.  
Leyes ambientales.

### **Conservación de la naturaleza.**

Introducción.  
Tipos de recursos naturales.  
Historia de la conservación de los recursos naturales.  
Conservación de los bosques.  
Conservación de los pastizales.  
Conservación de la fauna.  
Conservación del suelo.  
Conservación de las cuencas hidrológicas.  
Cambio global.  
Contaminación atmosférica y lluvia ácida.

### **Contaminación atmosférica.**

Contaminación.  
Meteorología y efectos sobre la salud.  
Fuentes y control.  
Efectos a gran escala.  
Medidas gubernamentales.  
Principales contaminantes atmosféricos. Tabla.

### **Contaminación del agua.**

Introducción.  
Principales contaminantes.  
Efectos de la contaminación del agua.  
Fuentes y control.  
Contaminación marina.  
Vertidos de petróleo (mareas negras).

### **Eliminación de residuos sólidos.**

Introducción.  
Métodos de eliminación.  
Vertido controlado.  
Incineración.  
Elaboración de fertilizantes.  
Recuperación de recursos energéticos.  
Reciclado.  
Residuos peligrosos.  
Residuos tóxicos y peligrosos.  
Control medioambiental (industria).

### **Toxicología industrial y ambiental.**

¿Qué es la toxicología?  
Formas de intoxicación.  
Efecto del tiempo.  
Clasificaciones por toxicidad.  
Coeficientes de acción tóxica.

### **Principales fuentes de contaminación ambiental y química.**

La acción tóxica y sus fases: Absorción, distribución, excreción de sustancias tóxicas.  
a) Absorción.  
b) Distribución.  
c) Excreción.  
Transformación metabólica.

### **Desarrollo sustentable: una salida posible.**

El crecimiento económico y la protección del Ambiente.  
Cambios de enfoque.  
Uso sustentable: Una salida posible.  
Antecedentes históricos.  
¿Realmente lo merecen?  
- Problemas y esperanzas.  
- Una herencia digna.  
- ¿A cuanto vendemos la selva?  
- Qué regula el funcionamiento de la vida sobre la tierra.

Un pasado sin futuro.  
La opinión de la gente.  
La gente y los combustibles fósiles.  
A qué le damos importancia.  
Veamos un poco de historia.

### **Energía y medio ambiente.**

El uso eficiente de la energía y el medio ambiente.  
El escenario mundial actual y las estrategias para el futuro.  
Conclusiones.

### **Biocombustibles: biodiesel.**

¿Qué es?  
Quimismo de los biocombustibles.  
Historia del tema.  
Propiedades del biodiesel.  
Principales ventajas del biodiesel:  
1) Ecológica.  
2) Beneficios operativos.  
Producción del biodiesel.  
Preparación del biodiesel.  
Reacción de conversión: Transesterificación.  
¿Y Argentina?

### **Fuentes Bibliográficas.**

*Eduardo E. Santambrosio es ingeniero químico por la Universidad Tecnológica Nacional (1969) con orientación en biotecnología y especialización en tecnología en alimentos. Es docente en la Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, en la Universidad Tecnológica Nacional y en la Universidad Católica. Ha sido gerente y asesor técnico en diversas empresas.*



UNIVERSIDAD DEL CENTRO EDUCATIVO  
LATINOAMERICANO  
Autorizada provisionalmente por R.M.Nº 3502/92  
según lo establecido en el Art. 64 de la Ley 24.521

## **CONCEPTOS MEDIOAMBIENTALES**

## Gestión ambiental

Gestión ambiental es el conjunto de acciones encaminadas al uso, conservación o aprovechamiento ordenado de los recursos naturales y del medio ambiente en general. Implica la conservación de especies amenazadas, el aprovechamiento cinegético, el aprovechamiento piscícola, la ordenación forestal, la gestión industrial e, incluso, la gestión doméstica.

El concepto de gestión lleva implícito el objetivo de eficiencia, por lo que la gestión ambiental implica aprovechar los recursos de modo racional y rentable, aplicando criterios de materia y energía. Se debe tender a una filosofía de ahorro y aprovechamiento sostenible.

La gestión ambiental es una disciplina muy reciente conceptualmente, si bien se ha venido realizando en una u otra forma desde el momento en que el ser humano comenzó a aprovechar los recursos naturales y, en un principio, en busca de un aumento en la cantidad de alimentos mediante la gestión del suelo. Dado que esta labor implicaba la interacción con su medio ambiente, ya puede ser considerada como una forma de gestión ambiental. No obstante, el sentido que se le otorga a este concepto, en la actualidad, es de un carácter más conservacionista en relación con el medio ambiente. De hecho, asimilamos la gestión ambiental a aquellas *acciones encaminadas a preservar el medio ambiente de la acción del ser humano, el cual tiende a sobrexplotar y a degradar su entorno natural*.

Como se ha dicho, la gestión ambiental implica la práctica, en la totalidad, de las actividades humanas, ya que éstas transcurren o afectan al medio en mayor o menor grado, y están supeditada a una ordenación previa del territorio y de los usos del mismo. Esta ordenación marca para qué usos puede destinarse el suelo en función de su aptitud potencial: entre otros, como terreno agrícola, como poseedor de minerales aprovechables, como suelo industrial en función de su escasa aptitud para un uso más directo, como residencial en función de la existencia de agua disponible y de una climatología adecuada, o como reservado en función de su valor natural intrínseco. Una vez que se ha establecido la ordenación, se diseña una estrategia para gestionar cada parte y uso. A la gestión más o menos productivista o economicista, diseñada para la explotación y aprovechamiento del suelo, se superpone la gestión ambiental.

En una industria, por ejemplo, la gestión ambiental *implica tanto aquellas acciones encaminadas a hacer el medio ambiente laboral más sano y seguro para los trabajadores, como las que tienen como objeto reducir el consumo de energía y de materias primas*

*haciéndolo óptimo en relación con la producción.* Así, el ahorro de energía que se puede obtener por el empleo de maquinaria más eficiente, o el ahorro de agua que se conseguiría por el reciclado de la misma en los procesos productivos, deben considerarse como objetivos de la gestión ambiental de la empresa. Por ello, en muchas empresas se están instaurando sistemas de gestión ambiental destinados, en los casos más sencillos, al ahorro de recursos tan habituales como el papel o la electricidad, consiguiéndose efectos significativamente positivos económica y ambientalmente.

La introducción del concepto de gestión ambiental, en su acepción más conservacionista, ha afectado a todo tipo de actividades humanas. Así, la misma agricultura está dando un giro hacia sistemas de producción más respetuosos con el medio (lo que se ha dado en llamar *agricultura biológica o ecológica*) reduciendo el empleo de sustancias agresivas y potencialmente contaminantes, como ciertos tipos de abonos y pesticidas. Estas actividades que transcurrían en la naturaleza con un escaso control, como la caza y la pesca, se han visto favorecidas por la mejora que supone, tanto para la práctica de estas actividades como para la conservación de las especies, la instauración de una gestión ambiental de tipo cinegético o piscícola, en la que se pretende obtener un aprovechamiento sostenible de los animales salvajes sin hacer peligrar el equilibrio ecológico de las comunidades naturales.

La gestión de aquellos espacios protegidos por su valor natural se encuentra dentro de lo que podríamos definir como la acepción más pura de la gestión ambiental. Así, es labor encomendada a los gestores ambientales el cuidado y preservación de los espacios naturales y sus recursos biológicos y geológicos. La conservación de las especies amenazadas, la organización de los usos dentro de los espacios naturales, son objetivos de este tipo de gestión ambiental.

La gestión ambiental puede también llegar al hogar mediante el ahorro de energía, controlando la generación de residuos al evitarse, por ejemplo, el uso excesivo de embalajes, utilizando productos detergentes poco contaminantes, y reciclando, en cualquier caso, los residuos generados previa clasificación de los mismos. Otros aspectos de la vida cotidiana también pueden verse favorablemente afectados por la aplicación de estos criterios de gestión como, por ejemplo, cuando se realiza la elección de un vehículo para su adquisición: cada vez más los propios fabricantes se preocupan de que los componentes de los coches sean reciclables y de que consuman menos combustible que, por otra parte, es un recurso natural no renovable. Este modo de hacer gestión ambiental a escala familiar puede también reportar *ahorros importantes a la economía doméstica y mejorar*



*la calidad general de vida.*

Los conceptos de conservación y gestión del medio ambiente están indefectiblemente ligados, y esta conservación se ha convertido en un objetivo prioritario de las sociedades desarrolladas, como queda reflejado en el *Acta Única Europea* y en los más recientes documentos constitucionales de los distintos países; así, la gestión ambiental, en su más amplio sentido, es una herramienta fundamental para la consecución de este objetivo. Este sentido prioritario queda patente en el importante desarrollo habido en las últimas décadas en lo relativo a instrumentos legislativos (normas) y ejecutivos (administraciones) con esa función específica (por ejemplo, normativa sobre el impacto ambiental y la creación de ministerios y consejerías de medio ambiente).

### **Impacto ambiental**

Con *impacto ambiental* se define el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente.

Los efectos pueden ser positivos o negativos y se pueden clasificar en:

- Efectos sociales.
- Efectos económicos.
- Efectos tecnológico - culturales.
- Efectos ecológicos.

El término *impacto ambiental* se utiliza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí:

- El ámbito científico.
- El jurídico - administrativo.

El primero ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en el proceso que se conoce como *Evaluación de Impacto Ambiental* (EIA).

El segundo ha producido toda una serie de normas y leyes que garantizan que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales. Gracias a la evaluaciones de impacto, se pueden estudiar y predecir dichas consecuencias ambientales, esto es, los impactos que ocasiona una determinada acción.

### **Evaluación de impacto ambiental**

La *evaluación de impacto ambiental* (EIA) consiste en el proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales

de una propuesta o decisión legislativa, la implantación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

La EIA se introdujo por primera vez en Estados Unidos en 1969 como requisito de la *National Environmental Policy Act* (NEPA). Desde entonces, un creciente número de países (incluido España) han adoptado la EIA, aprobando leyes y creando organismos para garantizar su implantación.

La EIA se ha aplicado sobre todo a proyectos individuales y ha dado lugar a la aparición de diversas técnicas nuevas, como los estudios de impacto sanitario y los de impacto social. Los avances más recientes incluyen el estudio de los efectos acumulativos y el estudio estratégico del medio ambiente, éste último se ocupa de los estudios medioambientales a nivel de políticas, programas y planes. El término *Estudio de Impacto Ambiental* se usa a veces, a modo de paraguas, abarcando todos estos enfoques diferentes, pero se emplea también como nombre alternativo de la EIA. En ciertos casos, se evalúan los impactos sociales y económicos como parte del proceso. En otros, las cuestiones sociales y económicas se evalúan por separado.

Una EIA suele comprender una serie de pasos:

- Un examen previo, para decidir si un proyecto requiere un estudio de impacto y hasta qué nivel de detalle.
- Un estudio preliminar, que sirve para identificar los impactos clave: su magnitud, significado e importancia.
- Una determinación de su alcance, para garantizar que la EIA se centre en cuestiones clave y determinar dónde es necesaria una información más detallada.

El estudio en sí, consistente en meticulosas investigaciones para predecir y/o evaluar el impacto.

El proceso suele implicar la contraposición de opciones, la propuesta de medidas paliativas, la preparación de un informe (llamado *Declaración de Impacto Ambiental*) y el subsiguiente seguimiento y evaluación. Una vez finalizado un proyecto se realiza a veces un examen a posteriori, o una *auditoría sobre el terreno*, para determinar hasta qué punto las predicciones de la EIA se ajustan a la realidad.

En la comunidad empresarial existe un creciente interés en la inspección previa de las prácticas orientadas a la determinación de objetivos productivos, en especial en lo que se refiere a la eliminación de residuos y al uso de la energía.

El término *auditoría medioambiental* se aplica a la regulación voluntaria de las prácticas empresariales en función de valores predefinidos de su impacto ambiental.

## Leyes ambientales

Se llaman *leyes ambientales* a las áreas de la legislación nacional, regional (como la de la Unión Europea) e internacional, orientadas a la protección del medio ambiente.

Los elementos claves de la legislación sobre el medio ambiente incluyen el control de la contaminación producida por el ser humano y la protección de recursos naturales como la fauna, flora y el paisaje, pero las fronteras exactas del problema son difíciles de delimitar; y otras muchas áreas de la legislación -como las referentes a la salud y a la seguridad en el trabajo, la planificación del uso del suelo y la protección de la herencia cultural- tienen implicaciones ambientales. Hay ejemplos de legislación sobre el medio ambiente que se remontan a los tiempos de los romanos y de la Edad Media que hoy figuran en las leyes nacionales de casi cualquier país, aunque su alcance y grado de detalle varían considerablemente. El medio ambiente constituye uno de los campos legislativos de más rápido crecimiento a nivel mundial.

Un área de la legislación medioambiental aborda los principios según los cuales quien daña el medio ambiente queda sometido al pago de compensaciones, así como sobre quién puede solicitar una acción legal ante los tribunales. Aunque importantes, tales principios pueden contribuir poco a impedir los daños al medio ambiente, y la mayor parte de la legislación al respecto consiste, en la actualidad, en diversos tipos de regulación por parte del gobierno. Se emplean varios tipos de enfoque legal que incluyen la prohibición o restricción del uso de ciertas sustancias y la determinación de estándares para los productos. Probablemente, el método más utilizado de regulación ambiental sea la exigencia de licencias u otras formas de autorización para llevar a cabo ciertas actividades, como el vertido de efluentes en el agua o la eliminación de residuos.

La implantación eficaz de las leyes ambientales sigue siendo un problema en muchas jurisdicciones, y hoy en día, se presta mayor atención al uso de mecanismos económicos, por ejemplo impuestos especiales, como medio para reforzar o reemplazar sistemas más convencionales de regulación ambiental.

A pesar de la gran variedad de leyes que existen relacionadas con la conservación del medio ambiente, en muchas jurisdicciones están surgiendo una serie de principios y tendencias comunes, reforzados por la creciente cooperación internacional surgida en la década de 1970. La necesidad de prevenir los daños al medio ambiente en origen se ve a menudo reforzada por el requisito de la Eva-

luación de Impacto Ambiental de las nuevas propuestas y proyectos. El llamado principio de precaución surgió en la década de 1980 como justificación de la regulación medioambiental, incluso en caso de que existieran dudas científicas acerca de las causas exactas del daño al medio ambiente, y fue ratificado en la *Cumbre sobre la Tierra* celebrada en 1992. Hoy en día, en muchos países existen leyes que otorgan al público el derecho a acceder a la información relacionada con el medio ambiente y a participar en la toma de decisiones respecto a cuestiones que afecten a éste y, cada vez más, las constituciones contienen ciertos principios relacionados con el mismo. La necesidad de garantizar una mayor consistencia entre las diferentes legislaciones sobre el medio ambiente y lograr una integración más efectiva de las preocupaciones medioambientales en otros campos de la ley, como el transporte y el comercio, continúa siendo un desafío.

# CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

## Introducción

La *conservación* expresa la acción de conservar; es decir, preservar de la alteración o deterioro.

La conservación de la naturaleza está ligada a comportamientos y a actitudes que propugnan el uso sostenible de los recursos naturales, como el suelo, el agua, las plantas, los animales y los minerales. Los recursos naturales de un área cualquiera son su capital básico, y el mal uso de los mismos puede ser expresado en forma de pérdida económica aunque, desde el punto de vista conservacionista, también tienen importancia otros valores, además de los económicos, como la singularidad del paraje o de las especies presentes en él.

Desde el punto de vista estético, la conservación incluye también el mantenimiento de las reservas naturales, los lugares históricos, la fauna y flora autóctonas.

Uno de los principios actuales que rigen la política de conservación es el *mantenimiento de la biodiversidad*, ya sea de especies o de ecosistemas. No obstante, el valor de conservación no se ciñe sólo a la riqueza de biodiversidad como un número de especies, sino que también se atiende a criterios complementarios como la rareza o la singularidad de los organismos o ecosistemas, de modo que un lugar donde exista una diversidad baja de especies, pero que tenga un carácter único por su singularidad ecológica o su escasez (por ejemplo, algunas especies y comunidades de medios hipersalinos) sería un lugar con un alto valor a efectos de su conservación.

## Tipos de recursos naturales

Hay dos grandes tipos de recursos naturales:

Los renovables.

Los no renovables.

Los recursos renovables incluyen la fauna y flora naturales de cualquier tipo. El propio suelo puede considerarse un recurso renovable, aunque cuando está muy dañado es difícil de recuperar debido a la lentitud de su proceso de formación. El drenaje natural de una cuenca hidrológica puede perdurar indefinidamente por medio de una gestión cuidadosa de su vegetación y sus suelos, y es posible controlar la calidad del agua y su grado de contaminación.

Los recursos no renovables son los que no pueden reponerse

o que sólo a lo largo de períodos de tiempo extremadamente largos. Estos recursos incluyen los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y las menas metálicas y de otros tipos.

### **Historia de la conservación de los recursos naturales**

Aunque la conservación de los recursos naturales era considerada deseable por muchos pueblos desde la más remota antigüedad, a menudo se han obviado, con resultados desastrosos, los principios básicos de una explotación racional de los recursos.

Debido a la destrucción de los bosques y pastos que protegían las cuencas hidrográficas del norte de China y del Tigris - Éufrates, en Asia, se produjeron grandes pérdidas, como por ejemplo la sedimentación de ríos y la inundación de tierras bajas. Grandes extensiones del norte de África y Oriente Próximo quedaron yermas tras siglos de pastoreo incontrolado, cultivo imprudente y tala excesiva de plantas leñosas para obtener leña.

En la mayoría de las regiones más recientemente desarrolladas del mundo, se han producido daños similares, a veces por la introducción imprudente de especies en medioambientes nuevos.

La creciente industrialización de las naciones del globo sigue planteando graves problemas de conservación, aunque empiezan a producirse esfuerzos de coordinación internacional en ciertas áreas, como la protección de algunas especies amenazadas.

### **Conservación de los bosques**

La conservación de los árboles que componen los bosques descansa sobre tres principios fundamentales:

El primero es la *protección del árbol en crecimiento* contra el fuego, los insectos y las enfermedades. El fuego, considerado un destructor de los bosques, es también, una herramienta útil para su mantenimiento, si se emplea con precaución. Algunos árboles madereros necesitan, de hecho, del fuego para regenerarse con éxito. Los insectos, como la lagarta peluda, las moscas de sierra y la procesionaria del pino, y las enfermedades ocasionan grandes pérdidas. No obstante, las medidas de control biológico, las ocasionales fumigaciones aéreas, los ciclos de tala adecuados y el desbrozado resultan cada vez más eficaces.

El segundo principio está relacionado con los *métodos de explotación*, que van desde la tala de todos los árboles (tala integral) hasta la tala de árboles maduros previamente seleccionados (tala selectiva), y con la *reforestación*, bien por medios naturales o por

plantación de árboles nuevos. La intensidad y frecuencia de las talas debe tener como objetivo la producción sostenida durante un periodo de tiempo indefinido.

El tercer principio de la conservación es el *uso integral de todos los árboles abatidos*. Los avances tecnológicos, como el aglomerado y el laminado, han dado uso a las ramas, los troncos defectuosos, los árboles pequeños que no pueden serrarse en tablones, y los llamados árboles inferiores.

### **Conservación de los pastizales**

Uno de los principios de la conservación de las tierras de pastos es usar sólo parte (más o menos la mitad) de la producción anual de plantas forrajeras para favorecer el crecimiento y reproducción de plantas sanas. Además, a cada prado se le asigna el número de animales que pueden sustentarse adecuadamente en él y a éstos sólo se les permite pastar durante la estación apropiada para el tipo de pastizal en cuestión. La conservación de los pastizales se basa en un programa de pastoreo diseñado para mantener la productividad indefinidamente y mejorar las zonas agotadas, ya sea por recuperación natural o por siembra de una especie forrajera apropiada. Aunque estos principios están sólidamente establecidos, cientos de miles de hectáreas de pastos públicos siguen siendo sobrexplotadas.

### **Conservación de la fauna**

Uno de los principios básicos de la conservación de la fauna es la disponibilidad de alimento natural y abrigo para las poblaciones de cada una de las especies de un hábitat dado.

Dos importantes amenazas a las que se enfrenta la vida silvestre son:

- La destrucción de hábitats, debida al drenaje de los mismos, a la agricultura y a la expansión urbana, y la fragmentación de hábitats en parcelas demasiado pequeñas para que puedan mantener las poblaciones autóctonas de animales.
- El tráfico ilegal de plumas, cuernos, marfil y órganos ha puesto a muchas especies al borde de la extinción. La fauna salvaje es un importante recurso biológico, económico y recreativo que puede preservarse por medio de una gestión cuidadosa. El reglamento de caza permite abatir a muchas especies sin que ello afecte a sus niveles de población, e incluso pueden contribuir al control de especies que se han vuelto demasiado abundantes en la región que habitan.

## **Conservación del suelo**

Entre las medidas básicas, actualmente en uso, para la conservación del suelo se encuentra la división de los suelos en categorías de capacidad.

En este sistema los suelos más llanos y estables se asignan a los cultivos anuales, y otras áreas a las plantas perennes, como las herbáceas y las leguminosas, al pastoreo o a la explotación forestal.

Otro método de conservación consiste en incorporar plantas regeneradoras del suelo en la rotación de cultivos. Estas plantas fijan y protegen el suelo durante la fase de crecimiento y, al ser enterradas con el arado, le aportan materia orgánica. Los métodos de cultivo que dejan una cubierta de restos sobre el suelo representan un importante avance en la explotación de éste. En muchas áreas estas técnicas han suplantado el uso del arado de reja, asociado a la práctica del llamado cultivo limpio, que dejaba la superficie del suelo expuesta a todas las fuerzas erosivas naturales.

Los métodos especiales para el control de la erosión incluyen el cultivo de contorno, en el que los cultivos siguen los contornos de las pendientes, y se construyen diques y terrazas para minimizar las escorrentías.

Otro método de conservación del suelo es el cultivo en franjas, es decir, en bandas alternas de cultivos y tierra en barbecho. Este método es eficaz en el control de la erosión eólica en suelos semiáridos que han de quedar periódicamente en barbecho para ser productivos.

Además, el mantenimiento de la fertilidad del suelo a menudo implica el empleo de fertilizantes inorgánicos (químicos).

## **Conservación de las cuencas hidrológicas**

Estudios recientes indican que la presencia de una vegetación extremadamente densa no es la condición más satisfactoria para obtener un rendimiento hidrológico óptimo.

Se ha obtenido una mayor cantidad de agua de alta calidad en algunas regiones de bosque alpino, después de haberse aclarado el bosque natural sin que esto haya supuesto un aumento de la erosión del suelo o del riesgo de inundaciones.

Una cubierta forestal o arbustiva que contenga multitud de pequeñas aberturas es más eficaz para la captación de agua que una cubierta densa y continua, que intercepta buena parte de la nieve y la lluvia y hace que la humedad se pierda por evaporación.

En la conservación de las cuencas hidrológicas tiene enorme im-



portancia preservar los humedales. Éstos actúan como sistemas de filtración que estabilizan las capas freáticas embalsando la lluvia y liberando el agua lentamente, y también como depósitos naturales para el control de las inundaciones.

### **Cambio global**

Con el concepto de *cambio global* se hace referencia, de forma genérica, a los procesos y fenómenos que con carácter global afectan a la sociedad mundial. De forma más estricta, el concepto de cambio global se utiliza para referirse a los cambios ambientales de alcance planetario.

Tres de ellos son los más significativos:

Las lluvias ácidas.

El problema de la capa de ozono.

El efecto invernadero.

Un cuarto problema va apareciendo en el horizonte del cambio global con fuerza: la pérdida paulatina de biodiversidad.

La destrucción de los bosques, especialmente los europeos, a causa de las lluvias ácidas hizo sonar la alarma sobre el tema. La expresión "lluvia ácida" hace referencia a la acidificación de la atmósfera debido a la acción del hombre, que ha provocado un incremento de las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), así como de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). Estos componentes proceden principalmente de los combustibles fósiles (petróleo, carbón y, en menor medida, gas).

El problema del ozono fue descubierto en 1974 y se culpó en principio a la producción de CFC (clorofluorocarbonos). Sin embargo, existen explicaciones científicas sobre el equilibrio del ozono debido a reacciones químicas (conocidas como reacciones de Chapman). No obstante, el tema es de una gran complejidad. Los científicos sostienen que las mediciones muestran que existe una gran variabilidad natural del ozono en la atmósfera más allá de las acciones del hombre. Incertidumbres y controversias científicas están presente en los dos temas tratados.

Lo mismo ocurre con el aumento del denominado efecto invernadero. *El calentamiento de la Tierra por dicho efecto se muestra en el gradiente de temperaturas registradas en el ecuador y en los polos, lo que produce cambios en la circulación general de la atmósfera en los océanos, con el consiguiente corrimiento de las franjas climáticas y, como consecuencia, los cambios en el clima y su afectación a los ecosistemas, los agro sistemas, los glaciares y los ríos y el nivel del mar. Todo ello incide en la actividad humana.*

Por otro lado, las emisiones que se producen en el efecto

invernadero son generalmente de CO<sub>2</sub> y otros gases. Sin embargo la incertidumbre llega al 35%.

El IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), organismo perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas, ha establecido varios escenarios de emisiones que ofrecen una perspectiva sobre el problema. *Se trata de evaluar las emisiones según políticas acordadas internacionalmente partiendo de la situación actual de aumento de las emisiones e intentando una reducción drástica en las mismas.* Tres grupos de trabajo a nivel internacional desarrollan sus estudios en el seno del IPCC.

La última reunión, que tuvo lugar en Kioto (Japón), no logró acuerdos significativos entre los países miembros. Cabe recordar la postura de Estados Unidos.

Ciertos estudios deben ser profundizados para reducir los niveles de incertidumbre, entre ellos:

- En qué forma y grado *la Tierra puede regular los gases de efecto invernadero.*
- Cómo cuantificar mejor los efectos *de la nubosidad sobre la radiación solar y terrestre.*
- Cómo evaluar con más exactitud *las consecuencias termodinámicas de la precipitación y evaporación.*
- Cómo ajustar los valores reales de la energía *almacenada y transportada por los océanos.*
- Ajustar los valores de intercambio *de masa y energía entre los ecosistemas dinámicos y su ambiente exterior.*

Las *certezas e incertidumbres actuales* sobre el cambio global del clima se ocasionan, en parte, por la metodología instrumental de los modelos elaborados para simular un proceso termo e hidrodinámico, ya que los procesos desarrollados de carácter físico en los sistemas climáticos y geográficos no son suficientemente conocidos; a ello deben agregarse los *grandes intereses económicos*, que se pueden ver afectados en lo inmediato por las medidas tendientes a evitar o mitigar los efectos y la metodología instrumental, utilizada en los modelos de simulación físico-matemática y limitada por la magnitud de su escala, frente a la capacidad computacional disponible y el costo de su operación.

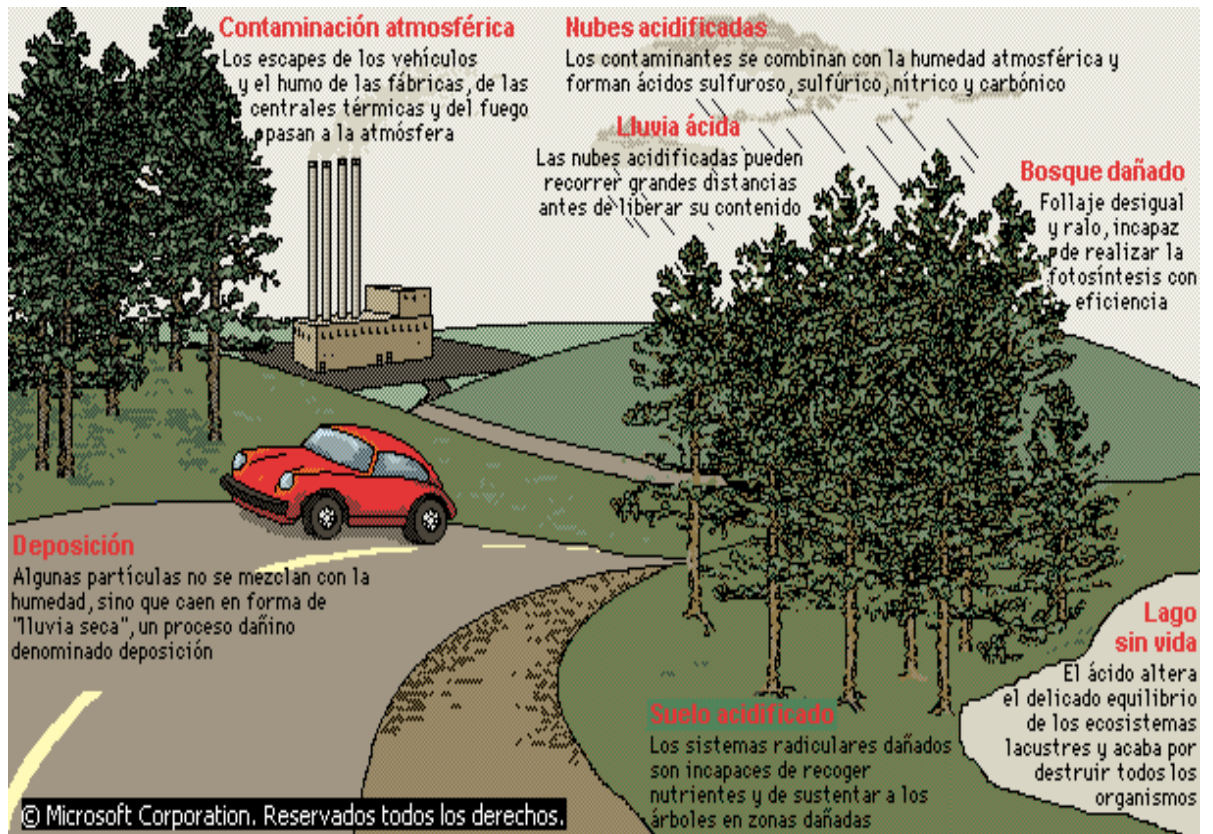
### **Contaminación atmosférica y lluvia ácida**

En tiempos remotos, el agua de lluvia era la más pura disponible, pero hoy contiene muchos contaminantes procedentes del aire. La lluvia ácida se produce cuando las emisiones industriales se

combinan con la humedad atmosférica. Las nubes pueden llevar los contaminantes a grandes distancias, dañando bosques y lagos muy alejados de las fábricas en las que se originaron. Cerca de las fábricas, se producen daños adicionales por deposición de partículas de mayor tamaño en forma de precipitación seca.

La contaminación ha ido en aumento desde la Revolución Industrial, pero hasta hace poco sus efectos, como la lluvia ácida, no habían producido alarma internacional.

En síntesis, se hace necesario acometer una acción inmediata desde todos los ángulos del conocimiento que aclare el alcance de las conclusiones actuales, la definición de los niveles de incertidumbre y la profundización de los conocimientos



# CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

## Contaminación

Se entiende por *contaminación* la impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. Entre las causas que la producen podemos mencionar:

- *Contaminación del agua*, los ríos, los lagos y los mares por residuos domésticos, urbanos, nucleares e industriales.
- *Contaminación de la atmósfera* por emisiones industriales, incineradores, motores de combustión interna y otras fuentes.

Mencionamos con la expresión *contaminación atmosférica*, a la contaminación de la atmósfera por residuos o productos secundarios gaseosos, sólidos o líquidos, que pueden poner en peligro la salud del hombre y la salud y bienestar de las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Entre los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes naturales, sólo el radón, un gas radiactivo, es considerado un riesgo importante para la salud. Subproducto de la desintegración radiactiva de minerales de uranio contenidos en ciertos tipos de roca, el radón se filtra en los sótanos de las casas construidas sobre ella.

Se da el caso, y según recientes estimaciones del gobierno de Estados Unidos, de que un 20% de los hogares del país contienen concentraciones de radón suficientemente elevadas como para representar un riesgo de cáncer de pulmón.

*Cada año, los países industriales generan miles de millones de toneladas de contaminantes.*

Los contaminantes atmosféricos más frecuentes y más ampliamente dispersos se describen en la tabla adjunta. El nivel suele expresarse en términos de concentración atmosférica (microgramos de contaminantes por metro cúbico de aire) o, en el caso de los gases, en partes por millón, es decir, el número de moléculas de contaminantes por millón de moléculas de aire.

Muchos contaminantes proceden de fuentes fácilmente identificables.

El dióxido de azufre, por ejemplo, procede de las centrales energéticas que queman carbón o petróleo.

Otros se forman por la acción de la luz solar sobre materiales reactivos previamente emitidos a la atmósfera (los llamados precursores). Por ejemplo, el ozono, un peligroso contaminante que forma parte

del *smog*, se produce por la interacción de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. El ozono ha producido también graves daños en las cosechas.

Por otra parte, el descubrimiento en la década de 1980 de que algunos contaminantes atmosféricos, como los clorofluorocarbonos (CFC), están produciendo una disminución de la capa de ozono protectora del planeta, ha conducido a una supresión paulatina de estos productos.

### **Meteorología y efectos sobre la salud**

La concentración de los contaminantes se reduce al dispersarse éstos en la atmósfera, proceso que depende de factores climatológicos como la temperatura, la velocidad del viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción de éstos con la topografía local, por ejemplo las montañas y valles. La temperatura suele decrecer con la altitud, pero cuando una capa de aire frío se asienta bajo una capa de aire caliente produciendo una inversión térmica, la mezcla atmosférica se retarda y los contaminantes se acumulan cerca del suelo. Las inversiones pueden ser duraderas bajo un sistema estacionario de altas presiones unido a una baja velocidad del viento.

Un período de tan sólo tres días de escasa mezcla atmosférica puede llevar a concentraciones elevadas de productos peligrosos en áreas de alta contaminación y, en casos extremos, producir enfermedades e incluso la muerte. En 1948, una inversión térmica sobre Donora, Pennsylvania, produjo enfermedades respiratorias en más de 6.000 personas ocasionando la muerte de veinte de ellas. En Londres, la contaminación segó entre 3.500 y 4.000 vidas en 1952, y otras 700 en 1962. La liberación de isocianato de metilo a la atmósfera durante una inversión térmica fue la causa del desastre de Bhopâl, India, en diciembre de 1984, que produjo al menos 3.300 muertes y más de 20.000 afectados. Los efectos de la exposición a largo plazo a bajas concentraciones de contaminantes no están bien definidos; no obstante, los grupos de riesgo son los niños, los ancianos, los fumadores, los trabajadores expuestos al contacto con materiales tóxicos y quienes padecen enfermedades pulmonares o cardíacas. Otros efectos adversos de la contaminación atmosférica son los daños que pueden sufrir el ganado y las cosechas.

A menudo los primeros efectos perceptibles de la contaminación son de naturaleza estética y no son necesariamente peligrosos. Estos efectos incluyen la disminución de la visibilidad debido a la presencia de diminutas partículas suspendidas en el aire, y los malos olores, como la pestilencia a huevos podridos producida por el sulfuro de

hidrógeno que emana de las fábricas de papel y celulosa, algo común en esta zona.

### **Fuentes y control**

La combustión de carbón, petróleo y gasolina es el origen de buena parte de los contaminantes atmosféricos. Más de un 80% del dióxido de azufre, un 50% de los óxidos de nitrógeno, y de un 30 a un 40% de las partículas en suspensión emitidos a la atmósfera en Estados Unidos proceden de las centrales eléctricas que queman combustibles fósiles, las calderas industriales y las calefacciones. Un 80% del monóxido de carbono y un 40% de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos emitidos proceden de la combustión de la gasolina y el gasóleo en los motores de los coches y camiones. Otras importantes fuentes de contaminación son la siderurgia y las acerías, las fundiciones de cinc, plomo y cobre, las incineradoras municipales, las refinerías de petróleo, las fábricas de cemento y las fábricas de ácido nítrico y sulfúrico.

Entre los materiales que participan en un proceso químico o de combustión puede haber ya contaminantes (como el plomo de la gasolina, ya reemplazado por otros compuestos), o éstos pueden aparecer como resultado del propio proceso. El monóxido de carbono, por ejemplo, es un producto típico de los motores de explosión. Los métodos de control de la contaminación atmosférica incluyen la eliminación del producto peligroso antes de su uso, la eliminación del contaminante una vez formado, o la alteración del proceso para que no produzca el contaminante o lo haga en cantidades inapreciables. Los contaminantes producidos por los automóviles pueden controlarse consiguiendo una combustión lo más completa posible de la gasolina, haciendo circular de nuevo los gases del depósito, el carburador y el cárter, y convirtiendo los gases de escape en productos inocuos por medio de catalizadores. Las partículas emitidas por las industrias pueden eliminarse por medio de ciclones, precipitadores electrostáticos y filtros. Los gases contaminantes pueden almacenarse en líquidos o sólidos, o incinerarse para producir sustancias inocuas.

### **Efectos a gran escala**

Las altas chimeneas, o las de tiro inducido, de las industrias no reducen la cantidad de contaminantes, simplemente los emiten a mayor altura, reduciendo así su concentración *in situ*. Estos contaminantes pueden ser transportados a gran distancia y producir sus efectos adversos en áreas muy alejadas del lugar donde tuvo lugar la emisión.

El pH o acidez relativa de muchos lagos de agua dulce se ha

visto alterado hasta tal punto que han quedado destruidas poblaciones enteras de peces. En Europa se han observado estos efectos, y así, por ejemplo, Suecia ha visto afectada la capacidad de sustentar peces de muchos de sus lagos.

Las emisiones de dióxido de azufre y la subsiguiente formación de ácido sulfúrico pueden ser también responsables del ataque sufrido por las calizas y el mármol a grandes distancias.

El creciente consumo de carbón y petróleo desde finales de la década de 1940 ha llevado a concentraciones cada vez mayores de dióxido de carbono. El efecto invernadero resultante, que permite la entrada de la energía solar, pero reduce la remisión de rayos infrarrojos al espacio exterior, genera una tendencia al calentamiento que podría afectar al clima global y llevar al deshielo parcial de los casquetes polares. Es concebible que un aumento de la cubierta nubosa o la absorción del dióxido de carbono por los océanos pudieran poner freno al efecto invernadero antes de que se llegara a la fase del deshielo polar. Sobre ello se está trabajando en investigaciones, como por ejemplo potenciar el desarrollo del fitoplancton en el mar del norte, usando óxidos de hierro. No obstante, los informes publicados en la década de 1980 indican que el efecto invernadero es un hecho y que las naciones del mundo deberían tomar medidas inmediatamente para ponerle solución. Cabe observar la posición negativa tomada al respecto por Estados Unidos.

### **Medidas gubernamentales**

Muchos países tienen normas sobre la calidad del aire con respecto a las sustancias peligrosas que pueda contener. Estas normativas marcan los niveles máximos de concentración que permiten garantizar la salud pública. También se han establecido normas para limitar las emisiones contaminantes del aire que producen las diferentes fuentes de contaminación. Sin embargo, la naturaleza de este problema no podrá resolverse sin un acuerdo internacional. En marzo de 1985, en una convención auspiciada por las Naciones Unidas, 49 países acordaron proteger la capa de ozono. En el Protocolo de Montreal, renegociado en 1990, se solicitaba la eliminación progresiva de ciertos clorocarbonos y fluorocarbonos antes del año 2000 y se ofrecía ayuda a los países en vías de desarrollo para realizar esta transición.

### **Principales contaminantes atmosféricos: TABLA**

CONTAMINANTE	PRINCIPALES FUENTES	COMENTARIOS
Monóxido de carbono	Gases de escape de vehículos de motor;	Máximo permitido: 10 mg/m <sup>3</sup> (9)



(CO).	algunos procesos industriales.	ppm) en 8 hr; 40 mg/m <sup>3</sup> en 1 hr (35 ppm).
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).	Instalaciones generadoras de calor y electricidad que utilizan petróleo o carbón con contenido sulfuroso; plantas de ácido sulfúrico.	Máximo permitido: 80 µg/m <sup>3</sup> (0,03 ppm) en un año; 365 µg/m <sup>3</sup> en 24 hr (0,14 ppm).
Partículas en suspensión.	Gases de escape de vehículos de motor; procesos industriales; incineración de residuos; generación de calor y electricidad; reacción de gases contaminantes en la atmósfera.	Máximo permitido: 75 µg/m <sup>3</sup> en un año; 260 µg/m <sup>3</sup> en 24 hr; compuesto de carbón, nitratos, sulfatos y numerosos metales, como el plomo, el cobre, el hierro y el cinc.
Plomo (Pb)	Gases de escape de vehículos de motor, fundiciones de plomo; fábricas de baterías.	Máximo permitido: 1,5 µg/m <sup>3</sup> en 3 meses; la mayor parte del plomo contenido en partículas en suspensión.
Óxidos de nitrógeno (NO, NO <sub>2</sub> )	Gases de escape de vehículos de motor; generación de calor y electricidad; ácido nítrico; explosivos; fábricas de fertilizantes.	Máximo permitido: 100 µg/m <sup>3</sup> (0,05 ppm) en un año para el NO <sub>2</sub> ; reacciona con hidrocarburos y luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Oxidantes fotoquímicos (fundamentalmente ozono [O <sub>3</sub> ]; también nitrato peroxiacetílico [PAN] y aldehídos).	Se forman en la atmósfera como reacción a los óxidos de nitrógenos, hidrocarburos y luz solar.	Máximo permitido: 235 µg/m <sup>3</sup> (0,12 ppm) en 1 hr.
Hidrocarburos no metánicos	Gases de escape de vehículos de motor; evaporación de di-	Reacciona con los óxidos de nitrógeno y la luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.

(incluye etano, etileno, propano, butanos, pentanos, acetileno).	solventes; procesos industriales; eliminación de residuos sólidos; combustión de combustibles.	
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).	Todas las fuentes de combustión.	Posiblemente perjudicial para la salud en concentraciones superiores a 5000 ppm en 2-8 hr; los niveles atmosféricos se han incrementado desde unas 280 ppm hace un siglo a más de 350 ppm en la actualidad; probablemente esta tendencia esté contribuyendo a la generación del efecto invernadero.

## CONTAMINACIÓN DEL AGUA

### Introducción

Entendemos por *contaminación del agua* la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

### Principales contaminantes

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- *Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno* (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- *Agentes infecciosos*.
- *Nutrientes vegetales* que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- *Productos químicos*, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- *Petróleo*, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.

- *Minerales inorgánicos y compuestos químicos.*
- *Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales* arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- *Sustancias radiactivas* procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- *El calor* también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

### **Efectos de la contaminación del agua**

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana.

La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal.

El cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones.

Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

Los lagos son especialmente vulnerables a la contaminación. Hay un problema, la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor, y un cúmulo de algas o verdín desagradable a la vista, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras. Otro problema cada vez más preocupante es la lluvia ácida, que ha dejado muchos lagos del norte y el este de Europa y del noreste de Norteamérica totalmente desprovistos de vida.

### **Fuentes y control**

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases:

El *tratamiento primario*, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación.

El *tratamiento secundario*, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado.

El *tratamiento terciario*, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado.

La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora.

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

Hay *tres opciones* (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales:

El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta.

Las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana. O pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería comercial y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los resi-

duos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales.

### **Contaminación marina**

Los vertidos que llegan directamente al mar contienen sustancias tóxicas que los organismos marinos absorben de forma inmediata. Además forman importantes depósitos en los ríos que suponen a su vez un desarrollo enorme de nuevos elementos contaminantes y un crecimiento excesivo de organismos indeseables. Estos depósitos proceden de las estaciones depuradoras, de los residuos de dragados (especialmente en los puertos y estuarios), de las graveras, de los áridos, así como de una gran variedad de sustancias tóxicas orgánicas y químicas.

### **Vertidos de petróleo (mareas negras)**

Se llama *mareas negras* a las descargas accidentales y a gran escala de petróleo líquido que son una importante causa de contaminación de las costas.

Los casos más espectaculares de contaminación por crudos suelen estar a cargo de los superpetroleros empleados para transportarlos, pero hay otros muchos barcos que vierten también petróleo, y la explotación de las plataformas petrolíferas marinas supone también una importante aportación de vertidos. Se estima que de cada millón de toneladas de crudo embarcadas se vierte una tonelada.

Entre las mayores mareas negras registradas hasta el momento se encuentran la producida por el petrolero *Amoco Cádiz* frente a las costas francesas en 1978 (1,6 millones de barriles de crudo) y la producida por el pozo petrolífero Ixtoc I en el golfo de México en 1979 (3,3 millones de barriles). El vertido de 240.000 barriles por el petrolero Exxon Valdez en el Prince William Sound, en el golfo de Alaska, en marzo de 1989, produjo, en el plazo de una semana, una marea negra de 6.700 km<sup>2</sup>, que puso en peligro la vida silvestre y las pesquerías de toda el área. Por el contrario, los 680.000 barriles vertidos por el *Braer* frente a la costa de las islas Shetland en enero de 1993 se dispersaron en pocos días por acción de las olas propias de unas tormentas excep-

cionalmente fuertes.

Los vertidos de petróleo acaecidos en el golfo Pérsico en 1983, durante el conflicto Irán-Irak, y en 1991, durante la Guerra del Golfo, en los que se liberaron hasta 8 millones de barriles de crudo, produjeron enormes daños en toda la zona, sobre todo por lo que se refiere a la vida marina.



# ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

## Introducción

Tratemos de considerar la eliminación de residuos sólidos, eliminación de los materiales sólidos o semisólidos sin utilidad que generan las actividades humanas y animales.

Los residuos sólidos se separan en cuatro categorías: residuos agrícolas, industriales, comerciales y domésticos. Los residuos comerciales y domésticos suelen ser materiales orgánicos, ya sean combustibles, como papel, madera y tela, o no combustibles, como metales, vidrio y cerámica. Los residuos industriales pueden ser cenizas procedentes de combustibles sólidos, escombros de la demolición de edificios, productos químicos, pinturas y escoria; los residuos agrícolas suelen ser estiércol de animales y restos de la cosecha.

## Métodos de eliminación

La eliminación de residuos mediante vertido controlado es el método más utilizado. El resto de los residuos se incinera y una pequeña parte se utiliza como fertilizante orgánico. La selección de un método u otro de eliminación se basa sobre todo en criterios económicos.

## Vertido controlado

El vertido controlado es la manera más barata de eliminar residuos, pero depende de la existencia de emplazamientos adecuados. En general, la recogida y transporte de los residuos suponen el 75% del coste total del proceso. Este método consiste en almacenar residuos en capas en lugares excavados. Cada capa se prensa con máquinas hasta alcanzar una altura de 3 metros; entonces se cubre con una capa de tierra y se vuelve a prensar. Es fundamental elegir el terreno adecuado para que no se produzca contaminación ni en la superficie ni en aguas subterráneas. Para ello, se nivela y se cultiva el suelo encima de los residuos, se desvía el drenaje de zonas más altas, se seleccionan suelos con pocas filtraciones y se evitan zonas expuestas a inundaciones o cercanas a manantiales subterráneos. La descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos genera gases. Si se concentra una cantidad considerable de metano se pueden producir explosiones, por lo que el vertedero debe tener buena ventilación. Técnicas más recientes apuestan por el aprovechamiento de estos gases procedentes de la descom-



posición como recurso energético.

### **Incineración**

Las incineradoras convencionales son hornos o cámaras refractarias en las que se queman los residuos; los gases de la combustión y los sólidos que permanecen se queman en una segunda etapa. Los materiales combustibles se queman en un 90%. Además de generar calor, utilizable como fuente energética, la incineración genera dióxido de carbono, óxidos de azufre y nitrógeno y otros contaminantes gaseosos, cenizas volátiles y residuos sólidos sin quemar. La emisión de cenizas volátiles y otras partículas se controla con filtros, lavadores y precipitadores electrostáticos.

### **Elaboración de fertilizantes**

La elaboración de fertilizantes o abonos a partir de residuos sólidos consiste en la degradación de la materia orgánica por microorganismos aeróbicos. Primero se clasifican los residuos para separar los materiales con alguna otra utilidad y los que no pueden ser degradados, y se entierra el resto para favorecer el proceso de descomposición. El humus resultante contiene de un 1 a un 3% de nitrógeno, fósforo y potasio, según los materiales utilizados. Después de tres semanas, el producto está preparado para mezclarlo con aditivos, empaquetarlo y venderlo.

### **Recuperación de recursos energéticos**

Es posible recuperar energía de algunos procesos de eliminación de residuos. En general se pueden hacer dos grupos: procesos de combustión y procesos de pirólisis. Algunas incineradoras se aprovechan para generar vapor. En las paredes de la cámara de combustión se colocan tubos de caldera; el agua que circula por los tubos absorbe el calor generado por la combustión de los residuos y produce vapor.

La pirólisis o destilación destructiva es un proceso de descomposición química de residuos sólidos mediante calor en una atmósfera con poco oxígeno. Esto genera una corriente de gas compuesta por hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono, ceniza inerte y otros gases, según las características orgánicas del material pirolizado.

### **Reciclado**

La práctica del reciclado de residuos sólidos es muy antigua. Los utensilios metálicos se funden y remodelan desde tiempos prehistóricos. En la actualidad los materiales reciclables se recuperan de muchas maneras, como el desfibrado, la separación magnética de metales, separación de materiales ligeros y pesados, criba y lavado.

Otro método de recuperación es la reducción a pulpa. Los residuos se mezclan con agua y se convierten en una lechada pastosa al pasarlos por un triturador. Los trozos de metal y otros sólidos se extraen con dispositivos magnéticos y la pulpa se introduce en una centrifugadora. Aquí se separan los materiales más pesados, como trozos de cristal, y se envían a sistemas de reciclado; otros materiales más ligeros se mandan a plantas de reciclado de papel y fibra, y el residuo restante se incinera o se deposita en un vertedero.

Las autoridades locales de muchos países piden a los consumidores que depositen botellas, latas, papel y cartón en contenedores separados del resto de la basura.

Unos camiones especiales recogen los contenedores y envían estos materiales a las instalaciones de reciclado, reduciendo el trabajo en incineradoras y los residuos en los vertederos.

### **Residuos peligrosos**

Algunas sustancias biológicas, los compuestos químicos tóxicos e inflamables y los residuos radiactivos, son peligrosos. Estas sustancias pueden ser gaseosas, líquidas, semisólidas o sólidas.

Las sustancias radiactivas son peligrosas porque una exposición prolongada a su radiación daña a los organismos vivos, y porque las sustancias mantienen la radiactividad durante mucho tiempo. Este tipo de residuos no se elimina, se almacena dentro de contenedores en lugares protegidos. Se han estado almacenando en fosas marinas, pero este método no permite recuperar lo depositado ni controlar el estado de los contenedores. Otros métodos más adecuados son su almacenamiento en silos de hormigón o en formaciones geológicas profundas, aunque ninguno es del todo fiable a largo plazo.

### **Residuos tóxicos y peligrosos**

*Residuos tóxicos y peligrosos* es la expresión que se aplica a los materiales sólidos, líquidos o gaseosos que contienen sustancias que por su composición, posibilidad de combinación o mezcla representan un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente.

Pueden estar contenidos en recipientes que son destinados al

abandono. Ejemplos de residuos tóxicos y peligrosos son los productos farmacéuticos, los aceites usados o las pilas con mercurio. Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: Metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, éteres, amianto, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor.

Las actividades principales que generan este tipo de residuos son la minería, la energía nuclear y la industria en general (papelera, química o siderúrgica, entre otras).

Los sistemas básicos de gestión de los residuos tóxicos y peligrosos son:

La incineración.

El tratamiento físico-químico.

El depósito de seguridad y la recuperación.

Cada país en materia legislativa adopta sus correspondientes normativas para la gestión de estos residuos.

### **Control medioambiental (industria)**

Con la expresión *control medioambiental (industria)* nos referimos a los medios específicos para minimizar el impacto ambiental que provocan los residuos y salvaguardar los sistemas naturales antes de que hayan sido degradados.

Residuo es todo material sólido, líquido o gaseoso, generado por cualquier actividad humana y que está destinado al abandono.

La solución al impacto ambiental negativo originado por la acumulación de residuos debe consistir en evitar su abandono en el medio, ya sea controlándolos o procurando no generarlos.

El control medioambiental se puede realizar en diferentes fases del proceso industrial:

- El control de las materias primas que se consumen en el proceso permite sustituir los materiales tóxicos y peligrosos por otros alternativos que sean inocuos. Por ejemplo, la sustitución de combustibles con alto contenido en azufre por gas natural evita la emisión a la atmósfera de dióxido de azufre, uno de los contaminantes más frecuentes del aire y el principal responsable de la lluvia ácida. Esta medida también ayuda a la disminución de las emisiones de dióxido de carbono, una de las sustancias gaseosas responsables del calentamiento de la atmósfera o efecto invernadero.
- La introducción de mejoras en el mantenimiento de los equipos evita la pérdida de materiales por goteo en fisuras, y en conexiones y

válvulas al efectuar trasvases. Así, por ejemplo, se podría evitar uno de los factores más importantes de la contaminación marina: el vertido de residuos de hidrocarburos originado en las operaciones de carga y descarga y limpieza de los buques que transportan petróleo. También la puesta a punto de los aparatos en los que se efectúan combustiones evita la emisión a la atmósfera de monóxido de carbono e hidrocarburos.

- El control medioambiental que se realiza al final del proceso industrial está dirigido, generalmente, hacia la reducción de volumen y la recuperación de los residuos para su posterior reutilización. Éste es el caso, por ejemplo, de la recuperación de metales de baños electrolíticos o de la reutilización de disolventes.

Los procedimientos industriales que tienen en cuenta la minimización de residuos, modificando el proceso industrial, ahorrando materias primas y aprovechando los residuos que se generan, se denominan *tecnologías limpias*.



# TOXICOLOGIA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

## ¿Qué es la toxicología?

Los seres vivos estamos expuestos a gran variedad de sustancias naturales o producidas por el hombre, muchas de las cuales pueden afectarnos negativamente, con efectos que pueden ir desde cambios biológicos imperceptibles hasta la misma muerte. La necesidad siempre creciente de prevenir tales efectos llevó a la toxicología a evolucionar desde un simple estudio de sustancias venenosas hasta la compleja ciencia que es hoy día.

Un buen conocimiento de la forma en que se producen los efectos de las moléculas tóxicas es fundamental para combatirlos mediante antidotos y también para adoptar apropiadas medidas preventivas, entre ellas el progresivo desarrollo de productos químicos más seguros.

La *toxicología* es la ciencia que estudia los múltiples efectos adversos de numerosos agentes, particularmente químicos, sobre los organismos vivos, en especial sobre el ser humano. Cuenta con varias ramas:

- La *toxicología descriptiva* se basa en pruebas de toxicidad para obtener información que permita prevenir riesgos (abarcando, entre otros, aspectos industriales y ambientales).
- La *toxicología mecanística* procura esclarecer los modos de acción de los agentes tóxicos.
- La *toxicología reguladora* fija normas para la utilización de sustancias efectiva o potencialmente tóxicas.
- La *toxicología forense* se ocupa de los aspectos médico-legales del uso de sustancias nocivas.
- La *toxicología clínica* se centra en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades asociadas con la ingestión de tóxicos o el contacto con los mismos.

Las principales sustancias que dan lugar a estudios toxicológicos son las empleadas:

- En la medicina, para diagnóstico, prevención o terapéutica.
- En la agricultura, como fertilizantes, pesticidas, reguladores del crecimiento, polinizantes artificiales, etc.
- En la industria alimentaria, como complementos o aditivos directos o indirectos.
- En la industria química, como solventes, componentes e intermedios en la fabricación de plásticos, etc.

También son de importancia los efectos sobre la salud de ciertos metales (como en minas y en fundiciones), de productos derivados

del petróleo y de toxinas provenientes de otros seres vivos: plantas, animales, bacterias, hongos.

De muy antiguo se conocieron los efectos tóxicos de muchas sustancias, como las presentes en venenos de serpientes o de escorpiones, o de plantas como el acónito o la cicuta, así como los de algunos metales, entre ellos el plomo y el antimonio. Varias de estas sustancias se usaron intencionalmente, en homicidios y en suicidios. Los orígenes de la toxicología se remontan a los primeros esfuerzos para desarrollar medidas preventivas y antídotos contra tales usos. Puede considerarse como un hito la obra del ilustre médico Maimónides, *Venenos y sus antídotos*, publicada en 1198. No tuvieron como lugar contribuciones de gran importancia hasta el siglo XVI, cuando Paracelso aporta conceptos que sentaron las bases de lo que actualmente se conoce la relación *dosis-respuesta*:

*“Ninguna sustancia es un veneno por sí sola; es la dosis lo que hace que una sustancia sea nociva”, y “La dosis correcta hace la diferencia entre un veneno y un remedio.”*

En la actualidad, los términos “tóxico” y “veneno” son básicamente sinónimos, pero el primero suele tomarse en un sentido más amplio, abarcando incluso agentes físicos como ciertas radiaciones, mientras que usualmente se habla de veneno cuando se lo emplea deliberadamente para infligir (o infligirse) un daño casi siempre mortal.

### **Formas de intoxicación**

Estamos ante una *intoxicación* cuando un agente químico (o físico, en ciertos casos) determinado provoca en el organismo alguna alteración en su normal estado fisiológico o de salud. Cuando se trata de moléculas, lo más común es que sean de origen externo (*xenobióticas*), pero existen casos en los cuales concentraciones excesivas de mensajeros químicos propios, como hormonas o neurotransmisores, pueden ocasionar efectos identificables como tóxicos. En cualquier caso, lo que se produce es caracterizable como una enfermedad, calificable como leve, moderada o grave. De acuerdo al curso o evolución temporal de la misma se habla de intoxicaciones agudas, subagudas o crónicas.

- *Intoxicación aguda*: Consiste en la aparición de un cuadro clínico patológico con posterioridad a la absorción de un agente tóxico, y con una única administración del mismo. Típicamente las manifestaciones clínicas se presentan dentro de las 24 horas, pero existen casos (intoxicaciones con fósforo o talio, por ejemplo) en los cuales la intoxicación se hace evidente varios días o aun semanas después de la absorción.

- *Intoxicación subaguda*: El grado de severidad es menor, a veces con curso subclínico, pero igualmente con trastornos a distintos niveles. Para evitar la confusión entre estas intoxicaciones con las de corta duración se ha propuesto para estas últimas el calificativo de *subcrónicas*.

- *Intoxicación crónica*: Se debe a una repetida absorción del agente tóxico, en cantidades aisladamente insuficientes para hacer patentes los trastornos, pero que por acumulación de la sustancia en el organismo (normalmente en determinados tejidos u órganos), o por suma de efectos lesivos con el transcurso del tiempo, llevan a un estado patológico. Dichos trastornos suelen permanecer en estado latente o subclínico hasta que por alguna causa se hacen manifiestos. Esto puede deberse a alguna enfermedad que deteriora las condiciones fisiológicas generales, o bien a la movilización del tóxico que se encontraba depositado en alguna parte del organismo, en cuyo caso se presenta una intoxicación aguda debida al brusco aumento en los niveles sanguíneos del agente. Este tipo de intoxicación es en la actualidad muy frecuente, debido al incorrecto uso de medicamentos, productos industriales o plaguicidas, a la contaminación química y a las toxicofilias. Los cuadros clínicos son por lo general difusos, poco claros, e inducen a confusión con otro tipo de enfermedades, lo cual dificulta un adecuado tratamiento.

### **Efecto del tiempo**

Debe diferenciarse la mera *exposición* a un agente tóxico de la *absorción* del mismo. Desde que se produce esta última hasta que comienzan a manifestarse sus efectos transcurre un lapso denominado *tiempo de latencia*, que es función de la vía de administración, de que sea o no necesaria la transformación en un metabolito activo, de características del individuo, etc., y además del tipo de efecto que interesa, pues es muy común que se desencadenen varios diferentes.

El factor tiempo es de capital relevancia, por otra parte, en el estudio de la evolución de estas afecciones y, particularmente, en el de las intoxicaciones crónicas. En términos de contaminación ambiental, al considerar la concentración de un tóxico en medios como aire o agua es preciso tener en cuenta el *tiempo de permanencia* del contaminante, pues la dosis recibida dependerá no sólo de la concentración sino también, y decisivamente, del tiempo que dure la exposición a tal agente. Sustancias que requieren elevadas dosis para que se evidencien sus efectos -lo cual las hace aparentemente poco peligrosas- pueden resultar muy nocivas a bajas dosis si se les da suficiente tiempo, puesto que así se da lugar a una acumulación del tóxico y/o a una sensibilización al



mismo.

### **Clasificaciones por toxicidad**

Para cualquier sustancia, la toxicidad es una cualidad a la vez intrínseca y a la vez relativa que depende de:

- Sus características físicas y químicas.
- Su *potencialidad tóxica*, o toxicidad intrínseca, en relación inversa con la cantidad necesaria para provocar cierto daño.
- La probabilidad de su absorción y la frecuencia con que puede tener lugar, factores éstos que determinan, en definitiva, el riesgo de que se produzcan efectos tóxicos.

Cuando un organismo recibe pequeñas dosis de una sustancia nociva procura, en principio, adaptarse a aquélla incrementando su capacidad de biotransformación metabólica y/o de excreción, e incluso elevando en cierta medida su umbral de sensibilidad.

En los seres humanos esta tolerancia fisiológica es muy variable, a la inversa de lo que sucede con los animales de experimentación, que presentan altos niveles de homogeneidad y son mantenidos en condiciones ambientales uniformes. De tal modo, para el ser humano, los parámetros estimativos en cuanto a dosis medias tóxicas y letales -basados en datos epidemiológicos retrospectivos- son de confiabilidad muy relativa.

### **Coeficientes de acción tóxica**

*Dosis letal 50 (DL50)*: Es la dosis que provoca la muerte de el 50% de los individuos (o, menos frecuentemente, que ocasiona el 50% de los efectos nocivos esperables).

*Dosis umbral aguda (DUA)*: Es la dosis más baja que, tras una única absorción, causa modificaciones en los indicadores biológicos, rebasando la capacidad fisiológica de adaptación al tóxico.

*Dosis umbral crónica (DUC)*: Es análoga a la anterior pero corresponde a una administración crónica (entre 3 y 12 meses).

*Coeficiente de acción tóxica aguda*: Se calcula como el cociente entre la DL50 y la DUA.

*Coeficiente de acción tóxica crónica*: Corresponde al cociente entre la DUA y la DUC.

La combinación entre los parámetros arriba definidos permite caracterizar cada sustancia de acuerdo a una clasificación en cuatro grupos, que van entre *ligeramente tóxicas* y *sumamente tóxicas*.



## PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y QUÍMICA

La presencia de contaminantes en el ambiente puede reconocer dos causas diferentes:

- 1ª Su existencia natural como parte de la corteza terrestre, de aguas oceánicas o continentales, de la atmósfera, etc.
- 2ª La acción productiva del hombre, movilizand o dichos componentes naturales o bien creando sustancias nuevas (*contaminación antropogénica*).

Los primeros estudios sobre contaminación ambiental de tipo químico se centraron en diversos problemas generados en lugares de trabajo -sobre todo en industrias-, lo que aportó un valioso material informativo para solución y prevención de tales problemas. Buena parte de este material fue aprovechado en etapas posteriores, de mayor preocupación por el impacto sobre el hombre y sobre otras especies de la contaminación del ambiente en general, y especialmente del suelo, el agua, el aire y los alimentos.

Con relación a la contaminación antropogénica, las fuentes de contaminación de la atmósfera pueden ser fijas (procesos mineros e industriales) o móviles (vehículos con motores de combustión interna). Los posibles contaminantes del aire no son muy variados, pero se ha calculado que en zonas muy industrializadas se emiten anualmente unas 1000 toneladas de desechos tóxicos *por habitante*.

Las aguas y los suelos reciben, en cambio, una gran diversidad de sustancias, a través, principalmente, de residuos industriales sólidos y líquidos y de agroquímicos, y también de aguas servidas domiciliarias y de contaminantes atmosféricos arrastrados por lluvias. Un riesgo adicional para el hombre está dado por la incorporación de buena parte de todos estos contaminantes a sus alimentos, con el agravante de que se concentran unas diez veces al pasarse de un nivel trófico a otro en las cadenas alimentarias.

### **La acción tóxica y sus fases: Absorción, distribución, excreción de sustancias tóxicas**

Un tóxico puede tener efectos locales en el lugar de contacto, pero, por lo demás, solamente puede causar daño luego de ser absorbido por el organismo, y esto se lleva a cabo a través de la piel, el tracto gastrointestinal, los pulmones u otras rutas de menor importancia. Además, la intensidad de los efectos de determinada sustancia en un

organismo depende de su concentración en los órganos afectados, la cual a su vez depende de no sólo de la dosis administrada sino de procesos de absorción, distribución, unión y excreción.

En todos estos procesos intervienen de manera decisiva las membranas celulares -especialmente la plasmática-, ya que son varias las que deben ser atravesadas. El principal mecanismo para estos pasajes es el transporte pasivo simple o difusión simple, sin consumo de energía ni participación de moléculas mediadoras. Otros mecanismos, menos frecuentes, son filtración por poros de la membrana, transporte pasivo facilitado o mediado (difusión facilitada), transporte activo y transporte en masa (endo- o exocitosis), estos dos últimos con consumo de energía.

#### *a) Absorción*

En el sistema digestivo, los órganos más activos para la absorción son el estómago y el intestino delgado. En el primero, de pH muy ácido, se absorben especialmente, y de modo pasivo, los ácidos débiles, que allí se encuentran en su forma no ionizada y soluble en los lípidos de las membranas. En el segundo, en cambio, el pH cercano al neutro favorece la absorción tanto de ácidos como de bases, siempre débiles, y en su forma no iónica. Aunque resulte sorprendente, este órgano cuenta, además, con sistemas de transporte activo y en masa para, respectivamente, talio o plomo, y tintes azoicos o látex poliestireno.

El principal sitio de absorción en el sistema respiratorio son los alvéolos pulmonares, particularmente para gases (CO, SO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno) y para vapores de líquidos volátiles (CCl<sub>4</sub>, benceno). La intensidad de la absorción es función de la solubilidad del gas en la sangre. También pueden absorberse pequeñas partículas aerotransportadas (no mayores de 1 µm).

La piel es, en términos generales, relativamente impermeable, no obstante lo cual puede darse la absorción de algunas sustancias en cantidades suficientes como para que se presenten efectos de toxicidad. La principal barrera está dada por la epidermis, pero esta capa difiere en estructura y en composición química entre distintas regiones del cuerpo, contando con mayor efectividad en la palma de la mano y en la planta del pie.

#### *b) Distribución*

El ingreso de una sustancia en la sangre implica su rápida distribución a todo el cuerpo. De cualquier modo, la velocidad de distribución para cada órgano está relacionada con el flujo sanguíneo a través del órgano, la facilidad con que se cruza las paredes de los capi-

lares y las membranas plasmáticas, y la afinidad de los componentes celulares con la molécula en cuestión.

A nivel de órganos, la principal barrera con que cuenta el organismo es la hematoencefálica. Su efectividad es muy grande, debido a varios factores, y esto hace que prácticamente las únicas sustancias que pueden ingresar sean las de gran solubilidad en lípidos, como los solventes de adhesivos o el metilmercurio, compuesto orgánico de gran toxicidad para el sistema nervioso central, contrariamente a lo que ocurre con los compuestos mercuriales inorgánicos, cuyos efectos perjudiciales predominantes se ejercen en los riñones.

Los tóxicos se concentran en determinados tejidos u órganos donde son objeto de enlaces con sustancias presentes en los mismos, como proteínas. Tales enlaces pueden ser de tipo covalente, en cuyo caso se producen de manera irreversible. Los órganos con mayor capacidad de enlace y, por tanto, de almacenamiento de tóxicos son el hígado y los riñones, seguramente por su rol excretor. En cuanto a tejidos, es notable la concentración que pueden alcanzar tóxicos liposolubles (como el DDT y otros organoclorados) en el tejido adiposo, por simple disolución en sus grasas neutras. Y el tejido óseo, por su parte, puede alojar fluoruro, plomo y estroncio, que se integran a su componente mineral, la hidroxiapatita.

### *c) Excreción*

En esta última etapa se procede a eliminar los agentes tóxicos como la sustancia original, como metabolitos o como conjugados. La principal vía está dada por el sistema urinario, pero también cumplen papeles de importancia el hígado y los pulmones, existiendo, además, otras rutas de menor relevancia como el sudor y la saliva.

Los riñones eliminan sustancias tóxicas mediante los mismos mecanismos que utiliza para los productos finales del metabolismo normal: filtración glomerular, difusión tubular y secreción tubular. Esta es la forma preponderante de eliminación de los gases orgánicos y también de los ácidos orgánicos, estos últimos habitualmente metabolizados a ácidos más fuertes.

El hígado, a través de la secreción biliar, es fundamental para la eliminación de compuestos iónicos, fuertemente polares, o de elevado peso molecular. La bilis conduce estas sustancias hasta el intestino para su excreción con la materia fecal.

Los pulmones posibilitan la eliminación de sustancias que a la temperatura fisiológica existen en estado gaseoso. Este proceso tiene lugar por difusión simple a través de las membranas plasmáticas.

## **Transformación metabólica**

Muchas sustancias tóxicas sufren *biotransformaciones* mientras se hallan almacenadas en tejidos y órganos. Esto ocurre fundamentalmente en el hígado, y también en los pulmones, los riñones, el estómago, el intestino delgado y la piel.

Los mecanismos de biotransformación pueden agruparse en dos clases principales: las de fase I abarcan reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis, mientras que las de fase II comprenden la producción de un compuesto (*conjugado*) que se biosintetiza a partir del tóxico o de un metabolito, más un metabolito endógeno. En general, la biotransformación convierte los tóxicos en metabolitos y después, con éstos, forma conjugados. Esto contribuye a la desintoxicación del organismo, dado que los metabolitos y los conjugados suelen ser más polares y más solubles en agua que las sustancias originales, lo que las hace más fácilmente excretables.

En ciertos casos, sin embargo, los metabolitos poseen mayor toxicidad que la de los compuestos que les dieron origen. Las reacciones que los forman son las conocidas como de *bioactivación*. Esto sucede, por ejemplo, con algunas *aflatoxinas*, contaminantes tóxicos producidos por ciertos hongos.

## **DESARROLLO SUSTENTABLE: UNA SALIDA POSIBLE**

El desarrollo sostenible sigue siendo un desafío, pese a no ser valorado en la teoría económica, todo lo cual condiciona la toma de decisiones políticas.

### **El crecimiento económico y la protección del ambiente**

La protección ambiental y el crecimiento económico deben ir desarrollándose en forma paralela; no obstante en determinados casos las emisiones de algunas sustancias polucionantes se incrementarán con el desarrollo de la economía; pero, en general las influencias dañinas sobre el medio ambiente deberían *decrecer*.

Para ello, el desarrollo sostenible será viable solamente en un marco como el siguiente:

*Deberá existir una integración de los objetivos de protección ambiental en la totalidad de las políticas económicas a desarrollar y un enfoque "desregulado", haciendo uso de los mecanismos de precios en lugar de la legislación.*

Dentro de este contexto, algunas medidas han sido implementadas:

- 1 – Investigación de los efectos de los actuales instrumentos impositivos y de estímulos sobre las actividades con efectos ambientales y la adopción de medidas orientadas a suprimir las actividades que afecten negativamente al medio ambiente.
- 2 – La introducción de un impuesto como modo de inducir la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Cambios de enfoque**

Estas medidas nuevas son un resultado de un cambio en el enfoque acerca de la protección del medio ambiente.

Las políticas a este respecto -en diferentes sectores- están cada vez más orientadas hacia la durabilidad, integrando los aspectos ambientales en los estadios iniciales del diseño del producto, anteriores a la producción y el consumo.

Con vistas a asegurar el éxito de estas nuevas políticas, se deberán poner en práctica conceptos de marketing, tales como las ECO-

etiquetas y las ECO-auditorias, que conducirán a medidas pro ambientales que sean costo-efectivas.

Evidentemente hay indicios de que los conceptos de marketing, como los ECO-impuestos correctivos y las ECO-contribuciones son, en general, los instrumentos más efectivos.

Es un hecho reconocido que algunos grupos específicos de consumidores y de productores habrán de tener dificultades con los cambios y ello será aplicable también a países desarrollados como en desarrollo, pero lo primordial es el valor de nuestras vidas y de generaciones futuras.

### **Uso sustentable: Una salida posible**

El desarrollo sustentable tiene que ver con la *herencia para las generaciones futuras*: Dejarles un capital de recursos igual o mejor que el que hemos recibido nosotros.

Haciendo uso de su capacidad intelectual, en el mundo abstracto de las ideas, el ser humano, ha encontrado posibles salidas para esta encrucijada.

En 1987 el Informe Bruntland, "nuestro futuro común", establecía el concepto de desarrollo sustentable tomándolo como *una alternativa factible*.

Ya en 1980 la *estrategia mundial para la conservación*, había avanzado en el concepto de *sustentabilidad* aunque sin integrarlo a los aspectos económicos. Si bien estas prescripciones emanadas de las Naciones Unidas resultaron, para muchos, una simplificación excesiva del problema, la tendencia de la opinión pública a volverse cada vez más *verde* refuerza sus posibilidades de éxito.

### **Antecedentes históricos**

En épocas primitivas, cuando el hombre satisfacía sus necesidades cazando y recolectando, el planeta hospedaba alrededor de 10.000.000 de seres humanos. Al igual que otras especies eran una parte más del concierto natural.

Hoy somos más de 550 seres humanos por cada uno de aquellos; la población mundial está llegando, a la fecha, casi a los 6.000.000.000 de seres humanos.

Dicho crecimiento se transformó en la ocupación de un espacio cada vez mayor. Si a ello le sumamos los crecientes requerimientos que fue efectuando la civilización, podremos sencillamente reconocer las enormes causas del desequilibrio que actualmente existe entre el hombre y el resto de la naturaleza. Todo lo que correctivamente no



efectuemos hoy, será una herencia que transmitiremos en forma negativa a las generaciones futuras.

### **¿Realmente lo merecen?**

#### *Problemas y esperanzas*

La humanidad comprendió que ya no es posible volver atrás. Tampoco esconder la cabeza como advierten los pavorosos datos sobre el ritmo de extinción de especies, la contaminación y otros desastres. Por estas razones, en las últimas décadas, la humanidad se ha lanzado a la búsqueda de soluciones y alternativas. El problema no resulta fácil. Por un lado, tenemos una población humana creciente y, por otro, con niveles de vida muy dispares.

Una minoría consume la mayor parte de la oferta natural. Ello hace que en muy poco tiempo no se podrá saciar la demanda de espacio y recursos. Además los sistemas naturales que sustentan la vida reconocen límites y son vulnerables a manejos desmedidos.

#### *Una herencia digna*

El desarrollo sustentable tiene que ver con la herencia para las generaciones futuras. Porque este capital es el que permite a la sociedad alcanzar sus metas de bienestar general.

Podríamos aprovechar al máximo cosas como el petróleo y el gas, o utilizar madera y peces hasta su agotamiento final, dejando cantidades monumentales de desechos, que los sistemas naturales no pueden procesar. Pero debemos ser justos con el futuro y ello significa que nos debemos comportar de manera sustentable; lo que equivale decir, posibilitar la continuidad en el tiempo. Esto significa tomar solamente el *rendimiento* de los recursos renovables sin comprometer su existencia y respetar la capacidad limitada que tiene la naturaleza para absorber los desechos que resultan de nuestro consumo y actividad.

El desarrollo sustentable tiene que ver con una atención especial para los menos favorecidos: los enormes sectores que viven en condiciones de pobreza moralmente inaceptables.

#### *¿A cuánto vendemos la selva?*

El concepto de bienes de capital resulta familiar; se refiere a máquinas, fábricas, caminos o edificios. También conocemos el capital humano, que incluye el cúmulo de conocimientos que resultan de los descubrimientos, investigaciones y pensamientos del hombre.

Nos falta, en cambio, un mayor acercamiento a los *bienes ambientales*; el capital de recursos naturales que incluye desde las selvas, el agua, el suelo y la diversidad de vida silvestre, la capa de ozono y los ciclos bio-químicos-físicos.

### *Qué regula el funcionamiento de la vida sobre la tierra*

Hasta ahora los bienes naturales y los fabricados por el hombre se sustituyen unos a otros. ¿Protegemos una selva o la desforestamos para hacer agricultura? Decirlo depende del valor que la sociedad le da a cada alternativa. Esto hace que sea importante empezar a determinar los valores correctos para cada cosa. Para un economista, esto significa llegar a un "precio justo". Evidentemente podemos apreciar que es más fácil darle un precio a los bienes que se comercian en el mercado que a los ambientales. Esto es irónico, ya que para mucha gente los bienes ambientales están más allá de un precio meramente comercial, porque existen justificaciones morales y espirituales para conservarlos. Pero en realidad y a pesar de que los bienes ambientales no se compran ni venden regularmente en el mercado, es posible determinar el valor que tiene una selva, considerando, por ejemplo, la función que cumple en la protección de una cuenca hídrica.

Resulta evidente que los procesos económicos no podrían funcionar sin materias primas ni energía y también que estos procesos generan residuos y pérdida de parte de esa energía. Pero las interacciones entre la naturaleza y la economía son todavía más intrincadas. Y a la totalidad de variables se les suman las particulares a cada caso y lugar.

A pesar de esta complejidad, podemos asegurar que cualquier sistema económico que ignore el costo ambiental estará degradando el ambiente.

Precisamente *la degradación ambiental es una de las fallas del mercado*.

También importa recordar que muchos bienes ambientales no tienen sustitutos artificiales. No es factible que podamos tapar el agujero en la capa de ozono, ni reemplazar el ciclo del carbono en la naturaleza. Con esto nos deberíamos convencer aún más de la necesidad de ser cuidadosos con nuestro capital ambiental.

Otra variable de esta imposibilidad de sustitución es la característica irreversible de las pérdidas ambientales.

En la naturaleza la extinción resulta realmente *para siempre*.

Si bien hay quienes argumentan que el bienestar generado por los bienes *sustitutos* puede considerarse como una alternativa, (en otras palabras, no podemos sustituir un tigre pero si producir sustitutos

que brinden un bienestar equivalente), debemos recordar que en el vocabulario económico *bienestar* o *utilidad* no tienen un significado homogéneo. Para muchas personas hay experiencias insustituibles; escuchar una música clásica o descubrir la maravilla de una zona natural, por ejemplo un bosque.

### Un pasado sin futuro

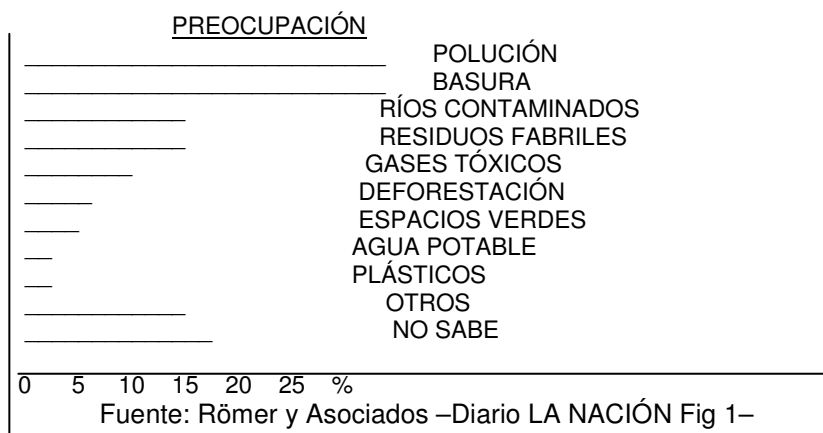
Si se reorienta la manera de alcanzar un progreso económico, el desarrollo sustentable será factible. Los aspectos ambientales pueden integrarse en todos los niveles de la economía ya que el ambiente es un valor esencial para el bienestar humano. Esto requiere un cambio en los hábitos de consumo, con la elaboración de productos benignos y un cambio en los patrones de inversión, que apunten a un aumento del capital ambiental.

Es algo que requiere una revisión crítica y profunda de posturas muy arraigadas.

No hay futuro en nuestro pasado. Es tiempo de levantar la cabeza, abrir los ojos y mirar hacia un nuevo mañana.

### La opinión de la gente

De 510 personas consultadas en Capital Federal y gran Buenos Aires, el 75% mostró preocupación por los problemas ambientales.



Fuente: Römer y Asociados –Diario LA NACIÓN Fig 1– Encuesta en población.

### La gente y los combustibles fósiles

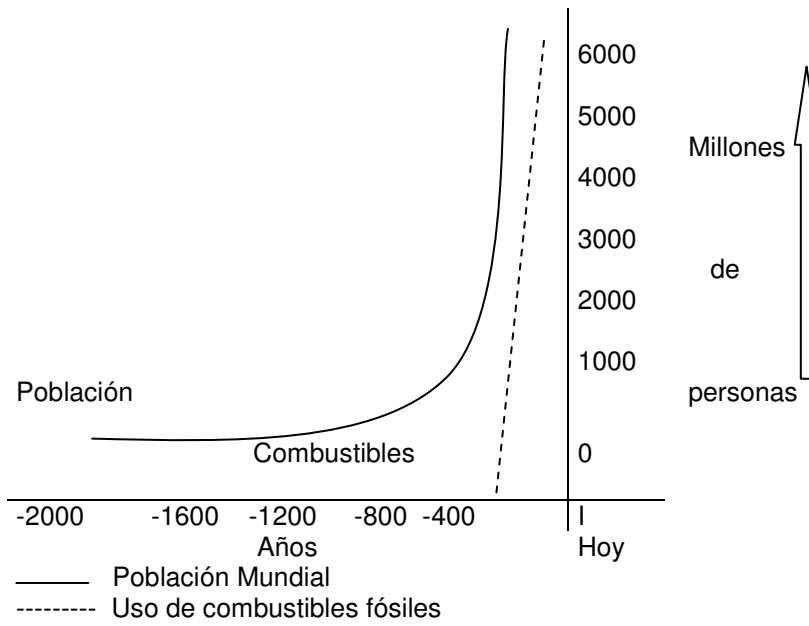
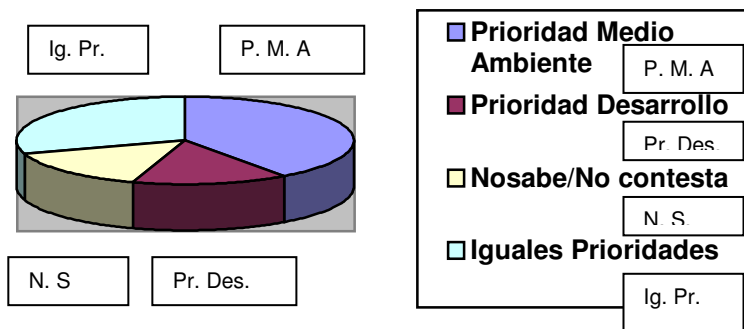


Fig 2 – Población y uso de Combustibles fósiles  
**A qué le damos importancia**



Fuente GALLUP ARGENTINA  
 Fig 3 – Prioridades

Con lo expuesto, podemos decir que la conclusión es *la contaminación es un problema secular*.

**Veamos un poco de historia**

En el siglo pasado en Argentina, las primeras manifestaciones industriales fueron: *curtiembres y saladeros*.

Se instalaron a la vera del Riachuelo por razones bien comprensibles. La falta de abastecimiento de agua y de disposición de los residuos líquidos hacía necesaria la cercanía de cursos de agua para resolver esas necesidades. No fue, sin duda, un invento Argentino; se trataba de una práctica universal, pues los sistemas sanitarios básicos no se habían insertado aun como una necesidad prioritaria para la comunidad.

Cuando la transmisión de enfermedades por vía de las aguas contaminadas hizo imprescindible la provisión de servicios sanitarios empezó una carrera entre el desarrollo industrial y el saneamiento público. En esa carrera, siempre llevó la delantera la actividad industrial y ello llevó a la situación actual, en que para poder alcanzar cierto equilibrio son precisas dos actividades paralelas:

- Una, que se desarrollen más y mejores servicios sanitarios.
- La otra, que las actividades productivas, industriales, comerciales y de servicio reduzcan la contaminación que provocan con su actividad.

Todas las actividades humanas afectan el equilibrio de la naturaleza y por ende de sus recursos, pues no solo la generación de excretos por las personas modifica la constitución de las aguas y tierras que la reciben, sino que también el mero hecho de respirar hace variar la composición del aire disminuyendo el oxígeno y reemplazándolo por dióxido de carbono.

La regla general, que no siempre es aplicable en su totalidad, es generar menos residuos, disminuir su condición contaminante y depositar los desechos resultantes en los lugares adecuados.

Para el caso particular de las actividades económicas la situación es más compleja y abarca todas las etapas mencionadas con el inconveniente de que hasta el presente muy pocas de ellas han contemplado en sus costos las erogaciones necesarias para sostenerlas.

Además la aplicación inadecuada de algunas tecnologías indujo entre los empresarios una actitud de fuerte descrédito hacia los sistemas de corrección de efluentes de sus instalaciones, restándoles confianza en las inversiones necesarias.

La tecnología actual para cumplimentar los objetivos destinados a reducir la cantidad de residuos derivados de las actividades ha aumentando la proporción de los materiales reusados en el proceso productivo e incrementando el reciclaje de los residuos en otros destinos ha simplificado la tarea de corrección de aquellos que finalmente deban desecharse.

Todo lo dicho contribuye a disminuir las inversiones necesarias

en la disminución de la contaminación y la certeza de la correcta elección de los sistemas más idóneos seguramente estimulará a los empresarios a ajustar los residuos a las condiciones fijadas por las autoridades sanitarias.

En la actualidad en nuestro país está muy difundida la tecnología ambiental y su aplicación en el control de los desechos por parte de sus generadores, les permitirá desarrollar con tranquilidad sus actividades, evitando conflictos con el ambiente que lo rodea y con ellos, dificultades con las autoridades de control.

Las soluciones a adoptar deben ser seguras en cuanto a su eficacia y su economía y para asegurarlo los empresarios requerirán el concurso de verdaderos especialistas en la disciplina, con una sólida preparación técnica.

Existen organizaciones estatales y universitarias que asesoran a las empresas para poder así elegir la mejor solución para los inconvenientes que puedan tener en su relación con el ambiente en el que está inserto.

Las exigencias de calidad varían según la autoridad competente, pero puede generalizarse el comportamiento a seguir para cumplimentarlas. Por ejemplo, se exige que no exista acidez en los líquidos que se descargan, los valores admitidos es un pH de hasta 6,5 y aún 5,5.

Otro contaminante que no debe ser abundante son los sólidos solubles en éter etílico, que miden los aceites y grasas, (lípidos) y los minerales, no debiéndose exceder en algunos casos 50 mgr. por litro y, en otros, hasta un máximo de 100 mgr.

Un componente hallado frecuentemente en las curtiembres con depilado son los sulfuros, que no deben ser mayores de 1 mgr por litro. En la actualidad los depiladores ecológicos resuelven este problema.

Los sólidos no disueltos que tienden a sedimentar se clasifican como sólidos sedimentables en 10 minutos, (los más gruesos) y en dos horas (los más finos). No debieran existir pero, a veces, se permiten muy pequeñas cantidades.

Hay consenso, en general, en que la temperatura del desagüe no debe superar los 45°C y ello se debe a que el oxígeno disuelto en el agua disminuye por calentamiento, con lo que el líquido se hace séptico, con sus consiguientes efectos.

Las sustancias consumidoras de oxígeno que pueden estar en el desagüe se miden de dos maneras:

A - La DBO, demanda bioquímica de oxígeno.

B - La DQO, demanda química de oxígeno.

Ambas, cuando son altas, tienen un efecto similar al de la temperatura pues septizan los receptores de esas aguas por lo que sus

límites son muy estrictos.

En los casos en que los desagües tienen como destino aguas abiertas, deben ser desinfectados, esto es, tratados de algún modo que asegure que los seres microbianos, que lo acompañen, hayan muerto y no puedan producir trastornos a quien tenga contacto con ellos.

Para ellos se usan diversas sustancias, de las cuales la más difundida es el cloro, ya sea líquido, gaseoso, como clorógenos y el control de su agregado se controla como *demanda de cloro* que debe ser satisfecha.

El resto de los contaminantes del agua residual son sustancias tóxicas que están presentes en los desagües dependiendo de la actividad que los genere. Los más corrientes son los hidrocarburos así como fenoles, cianuros y metales pesados como cromo, plomo, mercurio, arsénico, etc.

Las autoridades controlan la concentración de estos contaminantes, pero los generadores deberían hacer un diagnóstico de su situación particular frecuentemente, para así conocer cabalmente su situación y encarar la corrección pertinente.

## ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

### El uso eficiente de la energía y el medio ambiente

Las sucesivas crisis, que produjeron un crecimiento desorbitado de los precios del petróleo, hicieron que la sociedad en general y los agentes implicados en los diferentes procesos energéticos en particular, tomaran clara conciencia de la trascendencia del uso eficiente de la energía. Actualmente la mejora de la *eficiencia energética* se ha convertido en un objetivo estratégico de primer orden para los países desarrollados en un doble aspecto:

- 1 – Como fuente de energía para los países con recursos energéticos escasos, con incidencias en la reducción de la dependencia respecto de los derivados del petróleo, el saldo de la balanza comercial y la mejora del *impacto ambiental*.
- 2 – Como factor competitivo de relevancia a través de su influencia en la innovación y el desarrollo tecnológico y la optimización de la relación calidad precio.

Simultáneamente se busca con ello reducir los consumos específicos y, por lo tanto, de los costos de producción para ampliar los márgenes de utilidad y, asimismo, incrementar la productividad y la motivación del personal. En síntesis, el buen uso de la energía permite mejorar los niveles de calidad de los productos y servicios, e influye decisivamente en la competitividad de las empresas.

El consumo energético continúa ocupando un lugar relevante en la estructura de costos de las industrias; por ello, uno de los mecanismos para reducir los gastos de producción es la *mejora de la eficiencia energética*, concepto fuertemente ligado a los *hábitos y comportamientos humanos* y, consecuentemente, a la *incorporación de nuevas tecnologías y la optimización de los procesos*.

Resulta así obvia la necesidad de crear e impulsar mecanismos de formación continua capaces de cubrir satisfactoriamente los objetivos descritos ya que universalmente se admite que el *factor humano* es el *activo mas importante con que cuentan las empresas*. El nivel de conocimientos, la calificación del personal y su capacidad de adecuación a las circunstancias, son elementos clave para la productividad industrial y la mejora de la competitividad.

Los países que dependían del petróleo externo fueron los que más sufrieron las crisis antes apuntadas y los más industrializados se apresuraron a buscar soluciones a tal situación; en particular, el Japón, los Estados Unidos, y los países de la Unión Europea.

Aparece así -entre otras variantes- la *biomasa*, que abre nuevas



posibilidades de generación de energía, *bioenergía*, y de *progreso ecológico* y se asume como tarea prioritaria: La responsabilidad de asegurar la supervivencia de las próximas generaciones.

En las últimas dos décadas, los avances científicos y los desarrollos tecnológicos han producido un continuo flujo de productos y servicios más eficientes y menos contaminantes. Algunas posibilidades importantes que se presentan son ahorrar energía, como el mejor método de protección ambiental; desarrollar energías renovables a través la biomasa, el viento, el agua y el sol con su inagotable disponibilidad energética, y desarrollar recursos humanos capacitados para el uso racional de la energía.

### **El escenario mundial actual y las estrategias para el futuro**

Los importantes programas previstos por los países desarrollados deben considerarse de mediano y largo plazo, con firmes tendencias en el siglo XXI. En principio se pueden vislumbrar:

- 1 – La estrategia de la Unión Europea para desarrollar el programa biomasa para energía, medio ambiente, agricultura e industria en Europa.
- 2 – Los resultados obtenidos en los Estados Unidos en relación a los combustibles renovables y energía eléctrica para una creciente economía mundial.

La estrategia de la Unión Europea se basa en oportunidades y problemas emergentes tales como el medio ambiente, la agricultura, las tierras marginales, los precios de la energía eléctrica sustitutiva, la cooperación con el desarrollo y el progreso zonal y los más amplios aspectos socioeconómicos. Puede subdividirse en:

- Programa agrícola.
- Política en el medio ambiente.

Ventajas ulteriores a la utilización de la *biomasa*, que considera aspectos tales como la política de la energía, los aspectos económicos, la investigación sectorial, los aspectos sociales, la cooperación internacional y desarrollos regionales de países.

Todo ello implica una trascendente evolución de criterios en la búsqueda de sustitutos para los combustibles naturales actuales y muy en particular para el petróleo.

El *programa agrícola* implica las medidas a tomar para controlar la producción de alimentos en la *Unión Europea*, con la reducción de los subsidios. Alternativamente contempla obtener el cambio en el uso de las tierras, para cosechar plantaciones de biomasa y producir nuevos materiales para la elaboración de energía y el desarrollo industrial asociado.

El plan ha considerado, para el año 2000, alrededor de 20.000.000 de hectáreas para tierras de agricultura y otras tantas tierras marginales han sido destinadas a la producción de *biomasa*. En el largo plazo 10 a 50 años, el área estimada comprendería entre 50 y 80 millones de hectáreas, ello basado en la *reforma de la política común agrícola, el acuerdo GATT y el desarrollo de la Europa oriental*.

En lo referente a la cronología de los objetivos, la política agrícola, el desarrollo del sistema de agro energía y la instalación de plantas procesadoras de biomasa presentan las tendencias que se indican en la fig. 1.

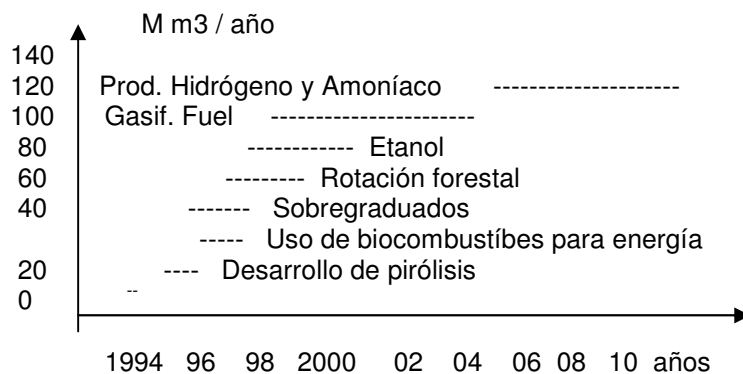


Fig 1 – Desarrollo del sistema *Agro - energía*

Desde el punto de vista del *medio ambiente*, merece expresarse que la utilización de la biomasa para la energía y la industria implica una significativa sustitución del combustible convencional consumido en la producción de energía, lo que elimina el crecimiento de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, contenido en la atmósfera y significa una positiva contribución al *efecto invernadero*, al problema del *cambio global* y al *desarrollo industrial de los países*.

La figura 2 muestra el balance del dióxido de carbono en la atmósfera que se lograría al utilizar la biomasa.

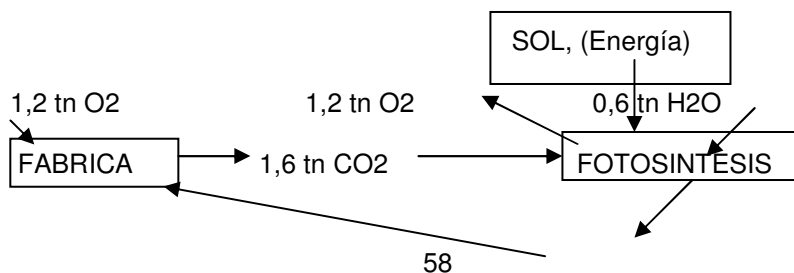


Fig 2 – Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en el *medio ambiente*.

Las ventajas ulteriores implican que la biomasa es el primer medio para el control del clima por cuanto el desarrollo vegetal absorbe el dióxido de carbono del aire y produce oxígeno a partir del agua durante la *fotosíntesis* en plantas y algas, reduciendo el agotamiento de dicho elemento en la atmósfera.

Las mejores prácticas agronómicas y el buen manejo de las plantaciones de biomasa favorecerán el desarrollo del medio ambiente al reducir la desertificación y complementariamente reducirá la floresta y el fuego en matorrales que ocurre periódicamente en ciertas regiones.

Asimismo, la incorporación de modernas tecnologías para bioenergética y biocombustibles serán benignas respecto del medio ambiente dado que al utilizarlas se produce baja polución y deterioro del aire o agua.

Desde el punto de vista de la *política de la energía*, el siglo XXI presenta la necesidad de fuentes de energía significativas y renovables. En particular, la *bioenergía* tiene potencial a mediano plazo para proveer a la *Unión Europea* cuya mayor fuente energética se encuentra hoy en la explotación de los campos petrolíferos del mar del norte, con 2 millones de barriles de petróleo diarios: a través de la biomasa, a largo plazo se obtendrá una provisión equivalente al cuádruple de esa cantidad, 8 millones.

En términos generales, el ciclo vital de la biomasa comprenderá la producción, la cosecha el almacenaje, el transporte, la conversión bioquímica. Con la obtención de combustibles líquidos y gaseosos y pulpas, habrá producción de energía, integración zonal y cooperación regional.

Por otra parte, de la contribución al sector de la energía merece una consideración muy especial la obtención de pulpas y otra cantidad de coproductos en procesos industriales simultáneos e integrados.

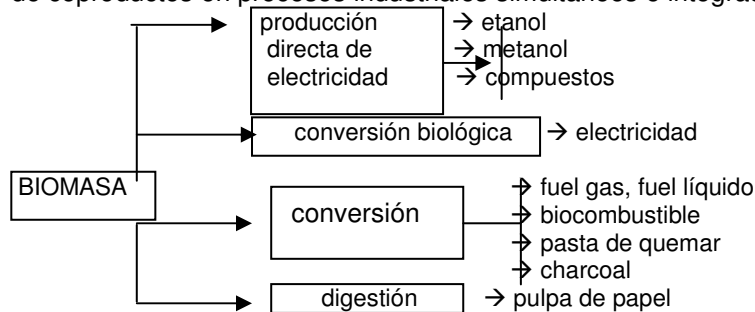


Fig.3 – Proceso de conversión de productos a partir de la *biomasa*.

Las figuras 4 y 5 muestran claramente el gran campo industrial y técnico-económico de las próximas décadas.

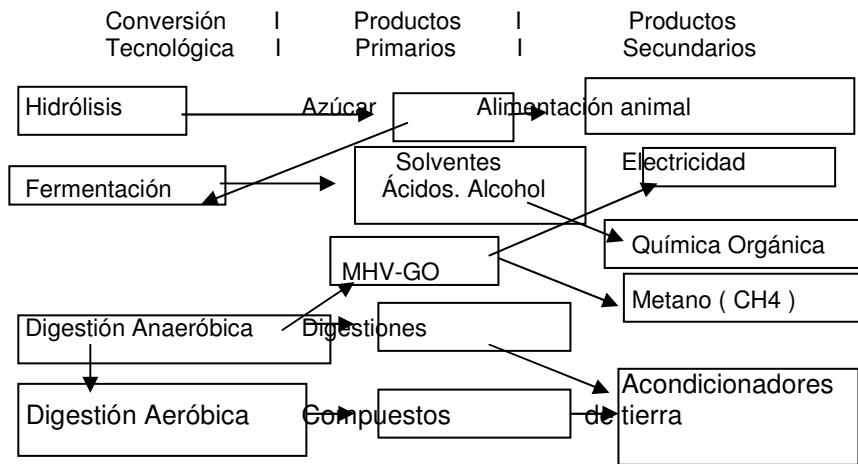


Fig. 4 – *Conversión Bioquímica*

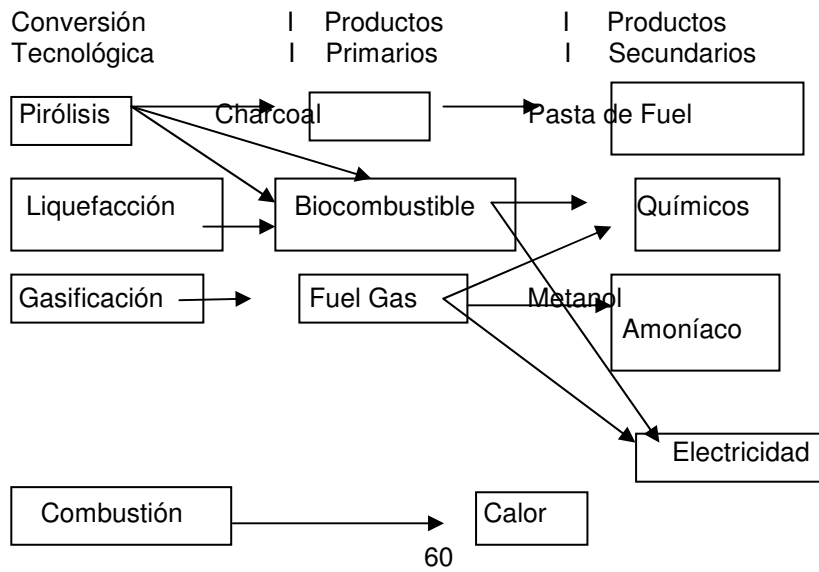
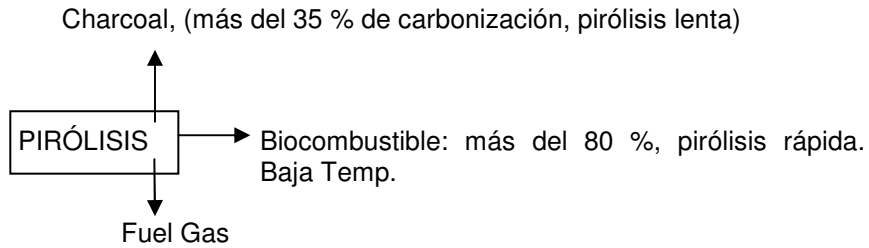


Fig. 5 – Conversión Termoquímica

Se exponen, en forma esquemática, en la figura 6, los productos obtenibles, a) por procesos de pirólisis y b) en base a biocombustibles.

A ) – Productos por Pirólisis



B ) – Productos en base a Biocombustibles sobregraduados

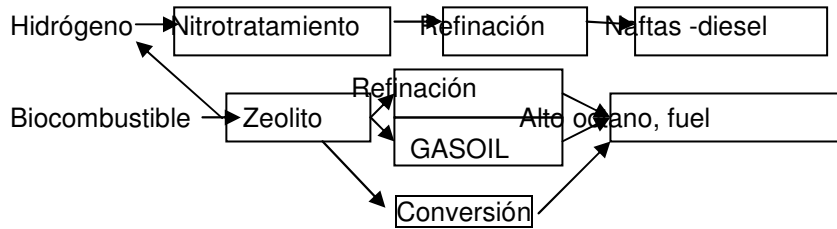
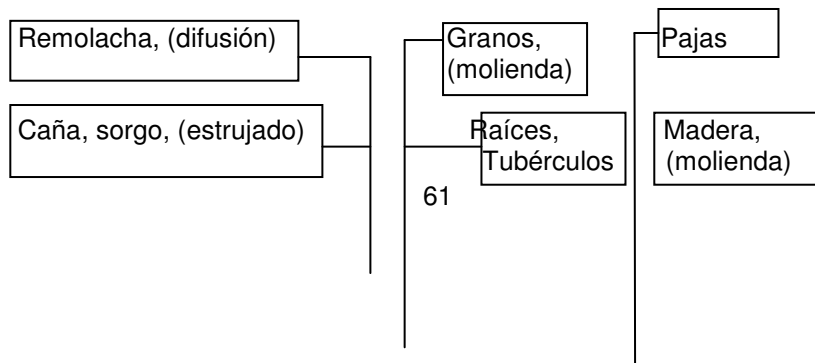


Fig. 6 – Productos obtenibles por pirólisis y en base a biocombustibles

En las figuras 7 a 9, se presentan los procesos de fermentación, liquefacción y gasificación.



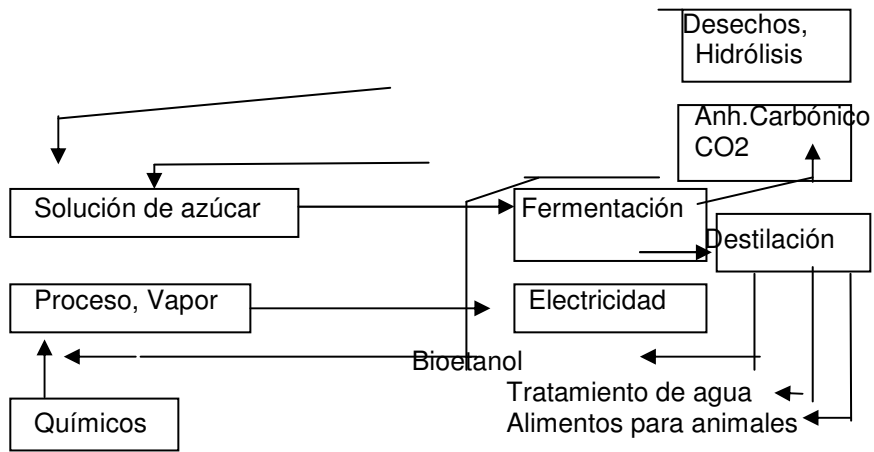


Fig. 7 – Proceso de fermentación

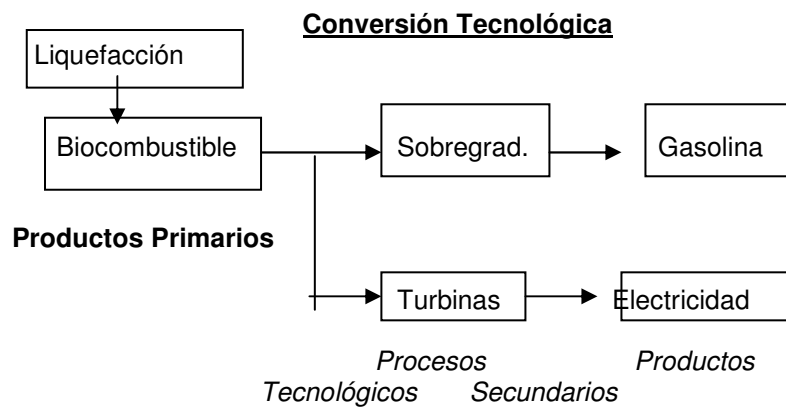
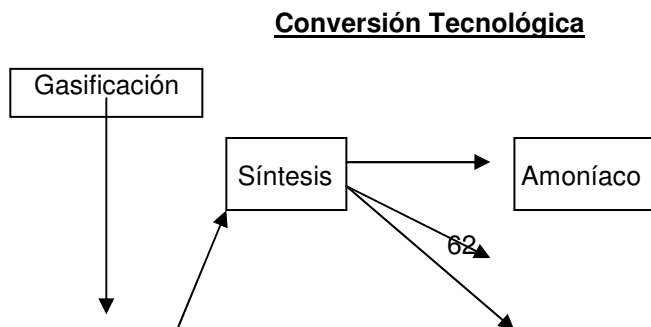


Fig. 8: Proceso de liquefacción



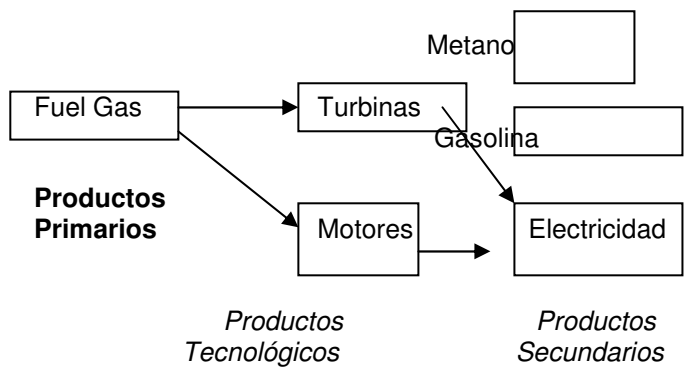


Fig. 9: Gasificación

**Conclusiones**

Para sintetizar, podríamos decir que las mayores posibilidades técnicas, económicas y ecológicas se derivarán de la utilización de la *biomasa* para la energía, la industria y el medio ambiente generarán efectos que se manifestarán en los sectores primarios, secundarios y terciarios de la agricultura, la industria y la energía, frente al reordenamiento y la reubicación laboral, con sus consecuentes aspectos sociales y regionales positivos.

## BIOCOMBUSTIBLES: BIODIESEL

### ¿Qué es?

El biodiesel puede definirse como el combustible renovable obtenido a partir de aceites vegetales, que funciona en cualquier motor diesel.

En realidad el término *biodisel* no tiene una definición estricta, sino que se trata de:

Aceites vegetales.

Grasas animales.

Y sus ésteres alquílicos livianos para ser utilizados como combustibles.

No obstante, a menudo se refiere cada vez más a los esterres alquílicos de:

a - Aceites vegetales.

b - Grasas animales.

No se refiere a los aceites o grasas solas utilizados como combustibles en los motores diesel.

### Quimismo de los biocombustibles

La mayoría de los aceites vegetales son *triglicéridos*, donde la parte alcohólica casi siempre es *glicerina*<sub>1</sub> (propano triol), esterificada con tres moléculas de ácidos grasos, de allí su nombre *trigliceridos*.

Para su utilización como *biocombustible*<sub>1</sub> se transesterifica con metanol o etanol, u otros alcoholes livianos, ello aumenta su volatilidad. Este cambio químico se efectúa en presencia de catalizadores. Se pueden generar los ésteres con alcoholes tales como el butanol y/o propanol.

### Historia del tema

Rudolf Diesel, inventor del motor diesel. Utilizó, en el año 1900, aceite de maní como combustible en su motor, demostrando la adaptabilidad del mismo. Entre los años 1930 y 1940 se efectúan numerosos trabajos experimentales sobre la utilización de aceites vegetales como combustibles. La crisis del petróleo en la década del 70, hacia finales de la misma y comienzo de la del 80, acompañados de la incertidumbre reinante sobre lo que ocurriría o acontecería con los recursos no reno-



vables en especial el petróleo y sus derivados, reflota la idea de los *biocombustibles*.

Es Sud África quien en esa época más trabaja sobre el tema, incluso llegando a legislar sobre ello, lo hace con el aceite de girasol. Todo lo desarrollado por este país es una importante contribución al tema lo que da material para conformar otro artículo.

En los últimos años se han desarrollado enormes cantidades de trabajos de investigación generando resultados que potenciaron la importancia del tema de la utilización de los *biocombustibles* en especial el *biodiesel*.

Con ello se pasó de trabajos experimentales a desarrollar una canasta de combustibles de este tipo, con uso habituales.

En los trabajos experimentales se ha trabajado sobre una variada cantidad de aceites vegetales, por lo general en aquellos que abundan en los países donde se desarrollaron las experimentaciones, por ejemplo:

Estados Unidos, "soja".

Europa, "colsa".

Países tropicales, "coco o palma".

También se trabajo sobre grasas animales y aceites usados en cocinas, donde no se han logrado resultados satisfactorios, debido a los problemas de incrustaciones y depósitos de sólidos en los conductos, problemas de temperatura, combustión, etc.

### **Propiedades del biodiesel**

Los motores diesel actuales requieren un combustible que sea limpio al quemarlo, además de permanecer estable bajo distintas condiciones en las que operan.

El *biodiesel* es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en cualquier motor diesel, sin necesidad de ninguna modificación.

El *biodiesel* tiene propiedades similares a las del diesel derivado del petróleo, motivo por el cual se lo pueden mezclar en cualquier proporciones, sin problemas algunos.

En Estados Unidos, existen ya numerosas flotas de transporte público que utilizan *biodiesel* en sus distintas mezclas.

Desde el punto de vista *ecológico*, el biodiesel genera bajas emisiones contaminantes, lo que hacen de él un combustible ideal para el uso en:

Áreas marinas.

Parques nacionales.

Bosques.

Grandes ciudades.

El *biodiesel* tiene muchas ventajas como combustible. Por ejemplo puede obtenerse a partir de cultivos abundantes en nuestro país, como la soja u otros, generando un rédito para el sector agrícola y un aumento de la tasa de empleo.

### **Principales ventajas del biodiesel**

#### **1) Ecológica**

A - En Estados Unidos es el único combustible alternativo en cumplir con los requisitos de la E.P.A.: *Environmental Protection Agency* (Bajo la sección 211 (b) del " CLEAN AIR ACT ").

B - El ciclo biológico en la producción y el uso del biodiesel reduce aproximadamente en un 80% las emisiones de CO<sub>2</sub>, y casi un 100% las de SO<sub>2</sub>.

La combustión de biodiesel disminuye en un 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados y entre un 75 - 90% en los hidrocarburos aromáticos. Genera una significativa reducción en la emanación de partículas y de CO. Proporciona un ligero aumento o disminución en (NO)<sub>x</sub>, dependiendo ello del tipo de motor. Distintos estudios han demostrado que el biodiesel reduce en un 90% los riesgos de contraer cáncer.

C - Es más seguro de transportar y manejar porque es *biodegradable*, 10 veces menos tóxico que la sal común. Tiene un punto de ignición aproximadamente 150° C, que comparado con el diesel derivado del petróleo que es de 50° C, lo hace menos volátil.

D - Los olores de la combustión en los motores diesel por parte del diesel de Petróleo, son reemplazados por el aroma a chizitos de maíz o papas fritas

E - El departamento americano de agricultura y la oficina de presupuesto del congreso de estados unidos juntos a otros organismos han determinado que el biodiesel es la opción más económica de combustibles y que reúne los requisitos del *policy act*.

#### **2) Beneficios operativos**

A - Es el único combustible alternativo que funciona en cualquier motor *diesel* convencional, sin ser necesaria ninguna modificación.

B - Puede almacenarse en cualquier recipiente, similares a los utilizados con el *diesel* de petróleo.

C - Puede usarse puro o mezclado en cualquier proporción con el diesel convencional. La mezcla más común es de 20% de *biodiesel* y 80 de diesel convencional, mezcla denominada B 20.

D - Tiene aproximadamente un 11% de oxígeno y no contiene azufre. Su uso puede extender la vida útil del motor porque posee cualidades lubricantes. El encendido, consumo, rendimiento, y torque del motor se mantienen prácticamente en valores normales.

E - Es un combustible que ya ha sido probado satisfactoriamente, por ejemplo en Estados Unidos, en más de 15.000. 000 de Kms. y en Europa por más de 20 años.

### **Producción del biodiesel**

Existen dos procesos que complementan una doble función, brindar el *aceite* para la producción del *biodiesel* y otro producto a ser utilizado como alimento de ganados, (*pienso*). Estos procesos son:

a - Soy plus – biodiesel.

b - Crushing convencional – biodiesel.

Estos dos procesos difieren entre si en la forma de recuperación del aceite desde la semilla.

*a - Soy plus - biodiesel*

En este proceso el aceite se extrae por el viejo proceso de prensado, originándose dos corrientes de flujo:

a - El aceite que se envía a la planta de preparación de *biodiesel*.

b - Una torta con un alto contenido de proteínas *by pass*.

Durante el prensado, "extrucción", generalmente de soja, la torta formada, "crac-king", adquiere una alta temperatura; lo que determina la coagulación de las proteínas.

Este producto es muy requerido en la explotación lechera.

*b - Crushing convencional:*

En este proceso la extracción del aceite es por solvente, también se generan dos corrientes de flujos:

a - Miscela, solución de aceite en solvente, de donde se recupera el aceite que se envía a la planta de preparación de *biodiesel*.

b - Un coproducto que es harina de soja.

### **Preparación del biodiesel**

El aceite obtenido por los procesos anteriores, se somete a las siguientes etapas operativas:

1 - Desgomado, operación que permite extraer la lecitina, lo que se efectúa emulsionando agua y luego centrifugando.

2 - Transesterificación, operación donde se efectúa una reacción química con: Metanol e hidróxido de potasio.

En esta reacción se reemplaza la glicerina por el metanol. Siendo este nuevo éster el denominado *biodiesel*.

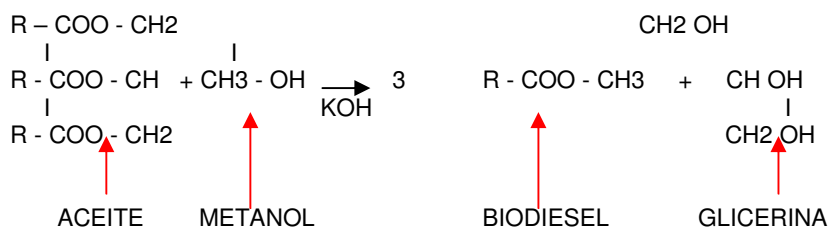
3 - Eliminación de la glicerina, operación que se efectúa por decantación, la glicerina obtenida se suministra a empresas que la refinan para utilizarla en la elaboración de cosméticos y productos farmacéuticos.

El *biodiesel* se lo comercializa sólo o mezclado con gasoil, en una proporción de:

20 % de *biodiesel*.  
80 % de *gasoil*.

Esta mezcla brinda todos los beneficios que hemos mencionados con anterioridad.

### Reacción de conversión: Transesterificación



En Estados Unidos hay plantas de procesamientos de hasta 100 Tn. de *biodiesel* diarios.

Como información adicional podemos mencionar que en el estado de Iowa, en Estados Unidos, todo el transporte público debe usar combustibles renovables. Decisión de un enorme contenido *ecológico*.

El uso de este combustible representa una ventaja ecológica

formidable:

- a) Reduce el uso de combustibles fósiles.
- b) El balance de emisiones es mucho mas favorable, con menos gases de efecto invernadero.
- c) Completa el circulo virtuoso de la verdadera ecológica:

- i - Siembra directa que reduce a la mitad el consumo de combustibles.

- ii - Mejora la captación de carbono al aumentar la materia orgánica.

- iii - Reduce el uso de petróleo.

### ¿Y Argentina?

Existe interés en varias empresas locales, además debemos recalcar la importancia que las Autoridades de la provincia de Santa Fe, le dan al tema.

Esto es fruto de que nos encontramos acuciados por la crisis del mercado de los aceites.

Quizás ha llegado el momento de acelerar los tiempos y comenzar sin demoras a incursionar en el tema, haciendo uso coherente e intensivo de esto.

Tenemos una anécdota que nos identifica en nuestro accionar sobre el tema.

La ONIDOL, organización francesa, que reúne a toda la cadena de actividades en oleaginosas, le dono una planta piloto al INTA, montada en un contenedor, como nunca se avanzó en el proyecto, la planta quedo en Francia.

En resumen podemos decir que sobre *biocombustibles*, hay muchos temas para encarar.

Debemos tomarlo como prioridad y en un corto tiempo veremos enormes beneficios. No esperemos actuar cuando nos encontramos acuciados.

Pensemos solamente lo que se lograría en ocupación de mano de obra.

Se deberían efectuar evaluaciones económicas comparativas entre soja y girasol y ver la posibilidad de no llegar a reducir la producción de esta oleaginosa, como se esta haciendo.

Esto hace un uso equilibrado del "tible", (aporte de energía): comestible – combustible.

¿Cuánto podrá aportar en esto la biotecnología?

## FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- ABACA, C. *Uso sustentable, una salida posible en Vida Silvestre*. Julio/Agosto, 1998.
- BARBOUR, I. *Ciencia y secularidad. Una ética para la era tecnológica*. Bs. As., Aurora, 1981.
- BEGON, C. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunicaciones*. Barcelona, Omega, 1995.
- BELL, D. *Advenimiento de la sociedad post-industrial*. Madrid, Alianza, 1996.
- BERTALANFFY, L. *Robots, Hombres y Mentes*. Madrid, Labor, 1984.
- CALVO HERNANDO, M. *Crisis de la tecnología. Desde la amenaza tecnológica hasta las alternativas energéticas y ecologistas*. Barcelona, Bruguera, 1990.
- CASALLA, SAID, M. *Educación y revolución tecnológica en Universitas 2000*, 1995, n. 2-3, p. 109-118.
- DÍAZ PINEDA – DE MIGUEL, M. *Diversidad biológica y cultura rural*. Madrid, Presas-Libros, 1998.
- DICKSON, D. *Tecnología alternativa*. Bs. As., Hispamérica, 1996.
- DOMÉNECH, X. *Química ambiental. El impacto ambiental de los residuos*. Madrid, Miraguano, 1997.
- DOVAL, L. - GAY, A. *Tecnología. Finalidad educativa y acercamiento didáctico*. Bs. As., Pro-Ciencia, 1995.
- DUFFUZ, J. *Tecnología ambiental*. Barcelona, Omega, 1998.
- EBBENS, C. *Energía y medio ambiente en Tecnología, Universidad y Empresa*. 1996, nº 12.
- ELSOM, D. *La contaminación atmosférica*. Madrid, Cátedra, 1990.
- ENKERLIN, E. C. y CANO, G. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. México, Thonson International, 1997.
- ESTEVAN, M. T. *Evaluación del impacto ambiental*. Madrid, Mapfre, 1989.
- FIDELIO, P. *Ciencia, tecnología y desarrollo: ¿Hacia dónde vamos?* en *Aula Abierta*, 1995, n. 30, p. 9-16.
- FREEMAN, H. *Control de la contaminación del agua y del aire*. México, Limusa, 1996.
- FREEMAN, H. *Manual de prevención de la contaminación industrial*. Bs. As., Mc Graw-Hill, 1998.
- FRIEDMAN, G. *El hombre y la técnica*. Barcelona, Ariel, 1990.
- GAVIDIA, V. *Medio ambiente y adaptaciones*. Madrid, MEC, 1987.
- GILL, D. *Tecnología, fe y futuro del hombre*. Salamanca, Sígueme, 1992.

- GÓMEZ OREA, D. *Evaluación del impacto ambiental*. Bs. As., Mundi-Prensa, 1999.
- GOODLAND, R. Y otros. *Medio Ambiente y desarrollo sostenible: Más allá del Informe Brundtland*. Madrid, Trotta, 1997.
- GRAHAM, L. *Between Sciences and Values*. New York, University Press, 1991.
- HELMS, J. *Science and/in the community* en *International Journal of Science Education*, 1998, nº 6, p. 643-655.
- HENESTROSA, G. *Biodiversidad en Vida Silvestre*, Julio/Agosto, 1994.
- JIMÉNEZ HERRERO, L. *Desarrollo sostenible y economía ecológica*. Madrid, Síntesis, 1996.
- KEARNEY, H. *Los orígenes de la ciencia moderna, 1500-700*. Madrid, Guadarrama, 1970.
- KIEBY, G. *Ingeniería ambiental*. Bs. As., Mc Graw-Hill, 1999.
- LAGREGA, M. *Gestión de Residuos Tóxicos*. Bs. As., Mc Graw-Hill, 1996.
- LOOMIS, T. *Fundamentos de toxicología*. Madrid, Acribia, 1999.
- MAYORDOMO DE LA FUENTE, J. *Bioética y tecnología: El reto de la responsabilidad* en *Estudios Filosóficos*, 1994, n. 124, p. 435-450.
- MUNFORD, L. *Técnica y civilización*. Madrid, Alianza, 1998.
- NALCO, N. *Manual del agua*. Bs. As., Mc Graw-Hill, 1999.
- REVISTA ACEITE Y GRASAS, Nº 42, Págs. 23-25, Marzo, 2001.  
*Revista Proceso* Nº 28, AÑO 1975.
- ROBERTS ALLEY, E. – STEVENS LEM, B. – CLELAND W. *Air Quality Control Handbook*. Bs. As., Mac Graw-Hill, 1998.
- SEVERINO, E. *Il destino della tecnica*. Milano, Rizzoli, 1998.
- SILVA, A. *La contaminación, un problema secular* en *Tecnología, Universidad y Empresa*. Octubre, 1994.
- UICN. *Estrategias para el desarrollo sostenible. América Latina*. Gland, Edición de la UICN, 1995.
- VESCOVO, A. *El medio ambiente, su imagen, su peso, su importancia*. *Desarrollo sustentable* en *Petroquímica, Petróleo, Gas, Química*. 1997, nº 137.
- WWW.biodiesel.com.ar
- WWW.10000 socios.com