

## TEMA 1.1 NATURALEZA Y ALCANCE DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

### CI41B Ingeniería Ambiental

Profesores D. Rodríguez, R. Muñoz, y C. Espinoza  
Semestre Primavera 2005

#### 1. INTRODUCCION

Para comenzar con la presentación de este tema debemos utilizar una serie de definiciones básicas.

- **Ambiente** es el hábitat físico y biológico que nos rodea; es lo que podemos ver, oler, tocar, sentir y oír.
- **Sistema** puede ser definido como un conjunto de cosas relacionadas o conectadas como una unidad. Ejemplos de **sistema** son el sistema solar, un sistema de riego, sistema de suministro de aguas y el universo.
- **Contaminación** se define como un cambio no deseado en las características físicas, químicas o biológicas del aire, agua o tierra que puede afectar negativamente la salud de los seres humanos u otros organismos vivientes.

#### 2. INTERACCIÓN DE SISTEMAS

Como parte de este curso nos referiremos a problemas ambientales asociados con elementos específicos del medio ambiente: suelo, aire y agua. Muchos de los problemas que serán cubiertos en esta clase pueden ser fácilmente asignados a uno de estos elementos lo que justifica la selección de estas tres categorías. Asimismo, la separación en estos tres grandes grupos obedece a un concepto de administración estatal por cuanto los problemas de cada una de estas áreas son abordados, en general, por distintos organismos públicos.

Desafortunadamente muchos problemas del medio ambiente no están sólo confinados al aire, agua o suelo sino que involucran más de un elemento a la vez. Un ejemplo tradicional de esta situación es la lluvia ácida, la que se origina por la emisión de gases como el dióxido de sulfuro ( $\text{SO}_2$ ) y óxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ) a la atmósfera producto de actividades industriales y el tubo de escape de automóviles. Estos gases son transportados por corrientes de viento sobre vastas regiones y finalmente son disueltos en el agua y arrastrados hacia el suelo produciendo daños a la vida acuática, bosques y cultivos. Otro problema bastante común en nuestros tiempos es la proliferación en la atmósfera de un insecticida como el DDT. En la Figura 1 se muestra un esquema de las interacciones entre el suelo, agua y aire que permite entender la facilidad con que este producto se ha expandido en el medio ambiente.

#### 3. ALTERACIONES AMBIENTALES

Muchas mejorías en nuestro estándar de vida pueden ser atribuidas a la aplicación directa de ciencia y tecnología. Algunos ejemplos se presentan a continuación:

- La producción de más y mejores alimentos
- La construcción de viviendas para protegernos de los extremos del clima
- La construcción de medios de transporte más rápidos y seguros
- La invención de sistemas de comunicación

- El suministro de agua potable y disposición de aguas servidas
- El control de muchas enfermedades infecciosas

Desgraciadamente muchas de estas mejoras han producido efectos secundarios muy desagradables tales como la pérdida de áreas agrícolas, desaparición de bosques nativos, contaminación atmosférica, y la aparición de organismos resistentes a los antibióticos tradicionales. Muchos de éstos efectos fueron originalmente considerados sólo molestias pero en la actualidad son reconocidos como reales amenazas para el ser humano y su medio ambiente.

En una sociedad agraria las personas vivían en armonía con la naturaleza sembrando su comida, consiguiendo leña para su fuego y produciendo ropas y herramientas con elementos naturales. Los desechos, tanto humanos como animales, eran retornados a la tierra como abono. Pocos problemas relacionados con contaminación del aire, agua o suelo se producían en ese tipo de sociedad. Un ejemplo del ciclo de residuos en una sociedad agraria se presenta en la Figura 2.

Algunas ciudades de la antigüedad (por ejemplo Roma) disponían de sistemas de suministro de agua y disposición de aguas residuales. En el caso particular de la antigua ciudad de Roma (1 millón de habitantes) el abastecimiento de agua para la bebida provenía de los Montes Apeninos, mientras que las aguas residuales se eliminaban a través de la denominada Cloaca Maxima. Desgraciadamente, estos ejemplos de la antigüedad fueron dejados de lado y tal vez olvidados por los constructores de ciudades en la Edad Media y el Renacimiento. De esta manera, al no preocuparse por el abastecimiento de agua y la disposición de las aguas residuales, epidemias de disentería, cólera y fiebre tifoidea asolaron a Europa. Sólo en la mitad del siglo diecinueve fue descubierta la relación causa-efecto entre las enfermedades que asolaron Europa y la falta de una adecuada disposición de las aguas residuales. La revolución industrial trajo consigo un incremento de los problemas ambientales debido al acoplamiento de una creciente Urbanización e Industrialización. Ambos fenómenos fueron la causa fundamental de problemas relacionados con la contaminación de las aguas y el aire que la tecnología de la época (e incluso la nuestra) no es capaz de resolver adecuadamente. Un esquema que ilustra el ciclo de residuos en una sociedad industrial se presenta en la Figura 3.

Los rápidos avances en tecnología de tratamiento de agua para la bebida y el tratamiento parcial de las aguas residuales produjeron, en los países desarrollados, un decrecimiento en la incidencia de enfermedades relacionadas con el uso de agua. En los años siguientes a la Segunda Guerra Mundial los países industrializados experimentaron una explosión económica que fue caracterizada por un avance en la tecnología y un rápido crecimiento del consumo energético. Durante la década de los 50s y 60s este incremento en la actividad productiva produjo el aumento de la cantidad de basuras descargadas al ambiente. Nuevos productos químicos, insecticidas y pesticidas, fueron usados sin mayores pruebas preliminares lo que causó, y sigue causando, graves daños no anticipados al momento de su introducción. Desafortunadamente estos problemas han ido en aumento al crecer la cantidad de estos productos descargados al ambiente.

#### **4. ROL DE LA TECNOLOGÍA**

A medida que nos movemos hacia el siglo 21 el uso de tecnología para resolver problemas ambientales crecerá pero será aplicada en una forma diferente a la actual. Ya en este momento podemos observar que el rol de la tecnología está cambiando en dos importantes áreas: *desarrollo sustentable*, relacionado principalmente con problemas globales, y *tecnología*

*preventiva*, que está diseñada para reducir el impacto ambiental de los procesos, operaciones y productos.

#### 4.1 Desarrollo Sustentable

El reporte de las Naciones Unidas escrito en 1987, "Our Common Future", redactada por la Comisión Mundial en Medio Ambiente y Desarrollo proporcionó la siguiente definición:

- **Desarrollo Sustentable** es el desarrollo que permite suplir las necesidades presentes sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para suplir sus propias necesidades.

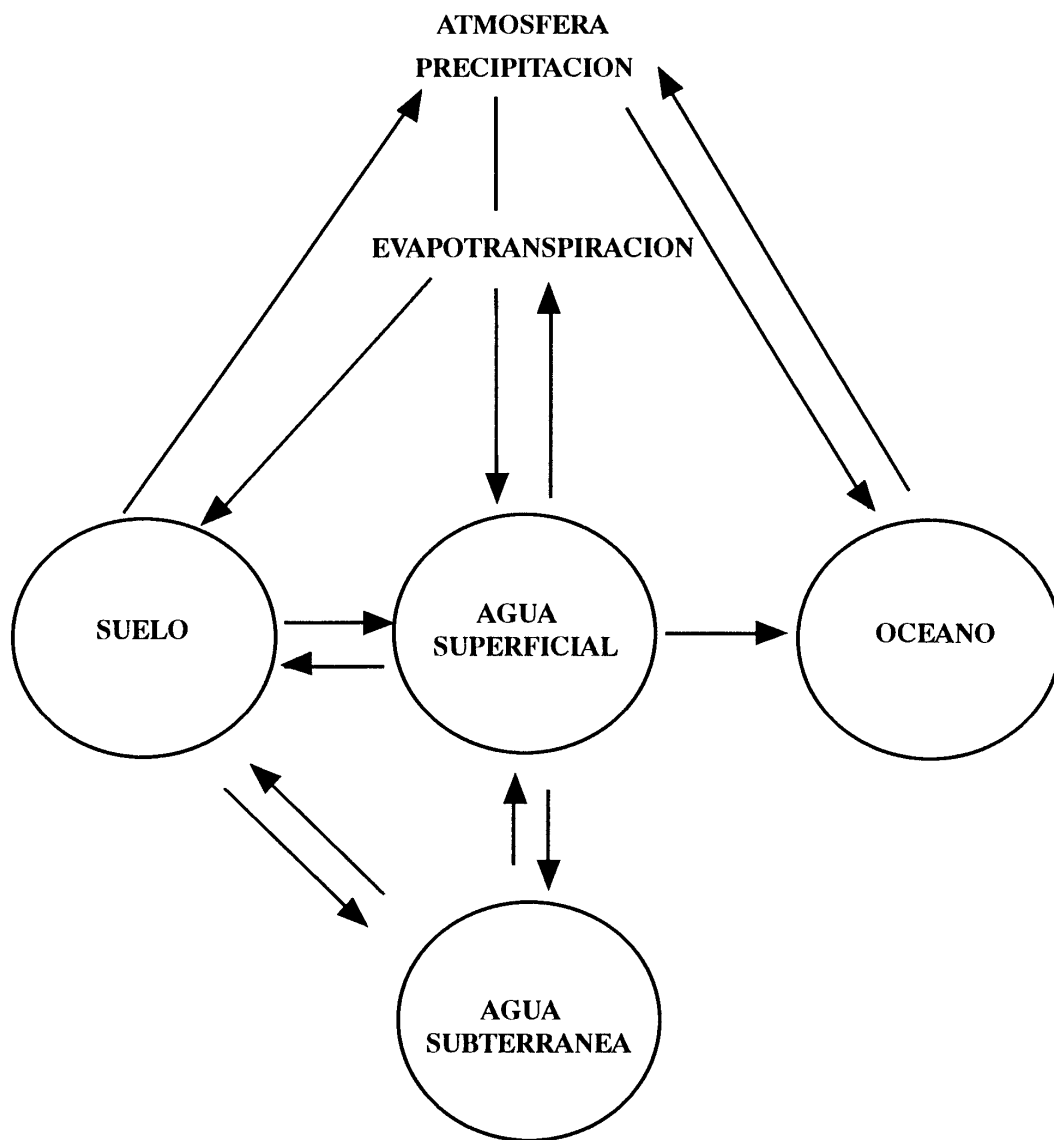
El concepto de *desarrollo sustentable* ha desafiado a la sociedad a cambiar una filosofía de explotación y destrucción del medio ambiente por otra que proporcione protección de largo plazo al ambiente y a los habitantes de la tierra. Para científicos e ingenieros este cambio significa el moverse de las prácticas tradicionales en las cuales los desarrollos tecnológicos son guiados únicamente por criterios económicos de eficiencia, productividad y ganancias. En el nuevo esquema estos criterios pueden permanecer válidos pero deben ser incluidos la preocupación por los impactos en salud y ambiente, conservación de recursos y energía, así como el manejo de los desechos.

#### 4.2 Tecnología Preventiva

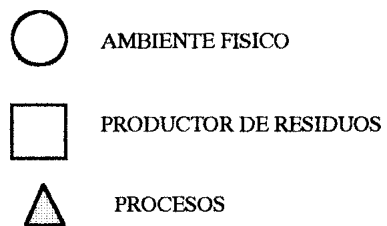
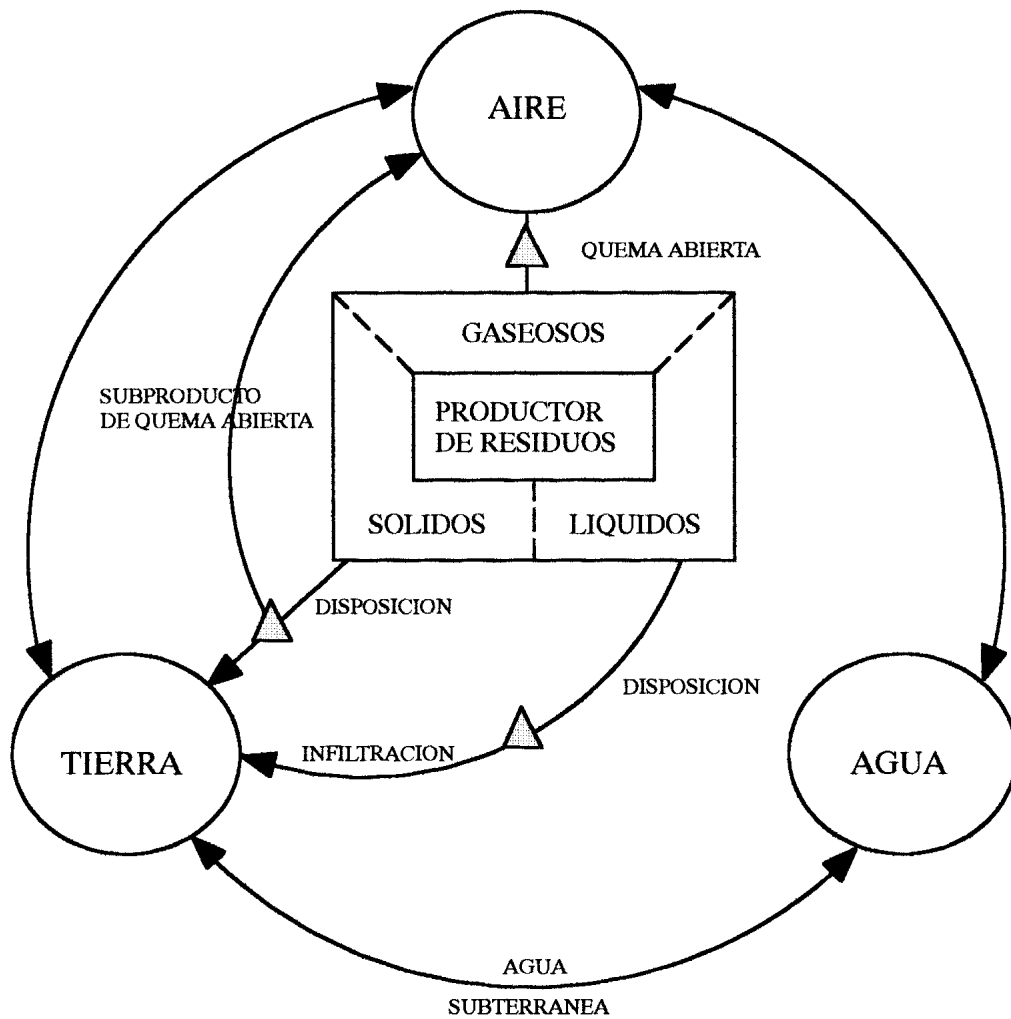
Hasta mediados de los 70s en los países industrializados, y hasta el día de hoy en países como el nuestro, las decisiones económicas y tecnológicas relacionadas con el desarrollo fueron guiadas por objetivos de mercado con poca o ninguna preocupación por los impactos sobre el medio ambiente físico y social. A medida que este tipo de conducta fue siendo considerada inaceptable en los países desarrollados sus gobiernos promulgaron leyes que forzaron la adopción de medidas para controlar la contaminación. Así, plantas de tratamiento para el control de aguas residuales domésticas e industriales, control de emisiones en chimeneas y el desarrollo de métodos modernos de disposición residuos sólidos han sido diseñados para controlar la contaminación del agua, suelo y aire. El tratamiento de residuos al final de la línea de producción o luego de la recolección de efluentes de aguas domiciliarias es típicamente denominado *end of pipe treatment* (tratamiento al final de la tubería). Este tipo de filosofía ha sido la más importante durante más de 20 años y es todavía la que predomina en aquellos países, como el nuestro, aún en vías de desarrollo.

Un esquema más novedoso es aquel denominado tecnología preventiva. En esta filosofía de solución de los problemas ambientales se trata de rediseñar o ajustar los procesos, operaciones y productos del proceso industrial de manera tal de minimizar la producción de desechos. En este esquema se utiliza el hecho de que al reducir la cantidad de desecho a ser tratado, los costos de tratamiento (*end of pipe*) se reducirán resultando en un ahorro para la empresa o usuario del sistema de tratamiento. Esta tecnología preventiva ha tenido un auge muy importante en los países desarrollados y se espera que también será utilizado ampliamente en países como Chile.

**Figura 1**  
**Interacciones Agua-Aire-Suelo**

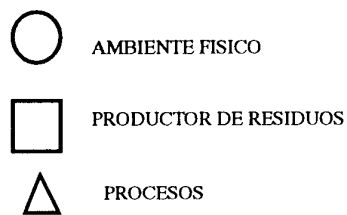
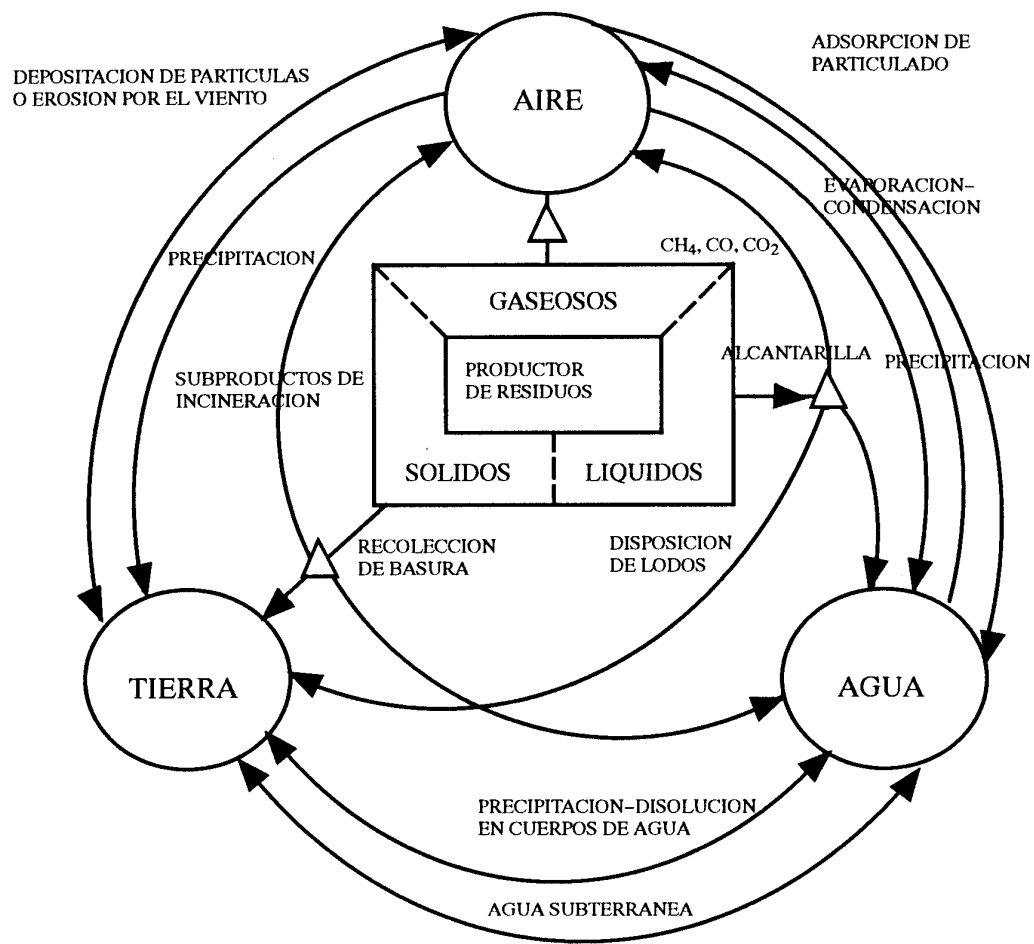


**Figura 2**  
**Ciclo de Desechos en una Sociedad Agrícola**



**PRODUCTORES DE DESECHOS**  
HUMANO  
ANIMAL  
**PRODUCTOS DE DESECHO**  
HUMANOS Y ANIMALES  
SUBPRODUCTOS DE COMBUSTION  
RESIDUOS AGRICOLAS

**Figura 3**  
**Ciclo de Desechos en una Sociedad Industrializada**



**PRODUCTORES DE DESECHOS**  
POBLACION HUMANA Y ANIMAL  
INDUSTRIA  
TRANSPORTE  
ENERGIA

**PRODUCTOS DE DESECHO**  
LIQUIDOS:  
HUMANOS Y ANIMALES  
INDUSTRIAL Y COMERCIAL  
TRANSPORTE

**GASEOSOS:**  
PRODUCTOS DE COMBUSTION  
QUEMA AL AIRE LIBRE  
MATERIAL PARTICULADO Y GASES  
TRANSPORTE

**SOLIDOS:**  
INDUSTRIAL Y DOMESTICO  
LODOS  
RESIDUOS PELIGROSOS