



CI 130  
2002

**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**EDUCACIÓN  
AMBIENTAL**

3 de junio de 2002

**APUNTES GENERALES**

CI-130

**DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN  
Junio del 2002**

# **TALLER DE SENSIBILIZACION A LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

## **DIRIGIDO A**

PERSONAL DE BASE DE LA DELEGACION ALVARO OBREGON.

## **DURACION:**

6 TALLERES DE 3.0 HORAS CADA UNO

## **OBJETIVOS:**

- 1) COMPRESION DE LA INTERRELACION ENTRE EL SER HUMANO, CULTURA Y MEDIO FÍSICO.
- 2) SENSIBILIZAR A LOS SERVIDORES PUBLICOS SOBRE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO Y DE LA DELEGACIÓN ALVARO OBREGÓN.
- 3) FOMENTAR LA PARTICIPACIÓN DEL SERVIDOR PUBLICO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES.
- 4) DETECTAR POSIBLES CANDIDATOS PARA PROMOTORES AMBIENTALES.

## **TEMARIO:**

- I. DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO Y DE LA DELEGACION ALVARO OBREGON.
- II. CULTURA DEL AGUA.
- III. CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA
- IV. SERVICIOS AMBIENTALES Y RECURSOS BIOTICOS.
- V. CONSUMO SUSTENTABLE.-MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS.
- VI. PRINCIPIOS BASICOS DE LOS INSTRUMENTOS JURIDICOS QUE MANEJAN AL MEDIO AMBIENTE.
- VII. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CUIDADO DEL ENTORNO.
- VIII. ACCIONES Y COMPROMISOS.

## ITINERARIO:

9:00 a 9:20 A.M.	PRESENTACION DEL EDUCADOR Y PARTICIPANTES MEDIANTE UN EJERCICIO DE "ROMPER EL HIELO"
9:20 a 9:40 A.M.	BREVE RESEÑA HISTORICA DE LA EDUCACION AMBIENTAL. CONDICIONES AMBIENTALES EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO. SITUACIÓN PARTICULAR DE LA DELEGACION ALVARO OBREGON.- SUS BARRANCAS, SUS PARQUES, SU POBLACION
9:40 a 10:00 A.M.	CULTURA DEL AGUA. APLICAR UN CUESTIONARIO INTERACTIVO Y UN JUEGO DE CONCIENTIZACION.- .
10:00 a 10:20 A.M.	CONTAMINACION ATOMOSFERICA.- AVANCES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PARA MEJORAR LA SALUD INFANTIL, DE LA JUVENTUD Y DE LOS ADULTOS.
10:20 a 10:40 A.M.	SERVICIOS AMBIENTALES Y RECURSOS BIOTICOS.- ACTIVIDADES QUE REALIZA UN SERVIDOR PUBLICO EN LA SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE PARA CONSERVAR LOS RECURSOS NATURALES Y COMO SE BENEFICIA LA POBLACIÓN DE ESOS RECURSOS.
10:40 a 11:00 A.M.	CONSUMO SUSTENTABLE.- PORQUE Y PARA QUE EL MANEJO DE LAS TRES "R" (REUSAR, RECICLAR.
11:00 a 11:20 A.M.	PRINCIPIOS BASICOS DE LOS INSTRUMENTOS JURIDICOS QUE MANEJAN EL MEDIO AMBIENTE.- ❖ LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE. ❖ LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL Y SU REGLAMENTO. ❖ LEY FORESTAL Y SU REGLAMENTO. ❖ LEY DE VIDA SILVESTRE. ❖ LEY DE CONSERVACION DE AGUAS. ❖ NORMAS OFICIALES MEXICANAS
11:20 a 11:40 A.M.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CUIDADO DEL ENTORNO.- PROBLEMÁTICA Y DISCUSIÓN MEDIANTE LLUVIA DE IDEAS PARA ANALIZAR QUE SOMOS, COMO VIVIMOS, DE DONDE OBTENEMOS LA VIVIENDA, LOS ALIMENTOS, EL VESTIDO LAS DIVERSIONES.
11:40 a 12:00	ACCIONES Y COMPROMISOS. PLATICA-RESUMEN SOBRE UN LIBRO "EL HOMBRE QUE SEMBRABA ARBOLES" MESAS DE TRABAJO CON LA PREGUNTA ¿YO, QUE HAGO PARA MEJORAR MI AMBIENTE?

CUADRO 5. PRINCIPALES CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

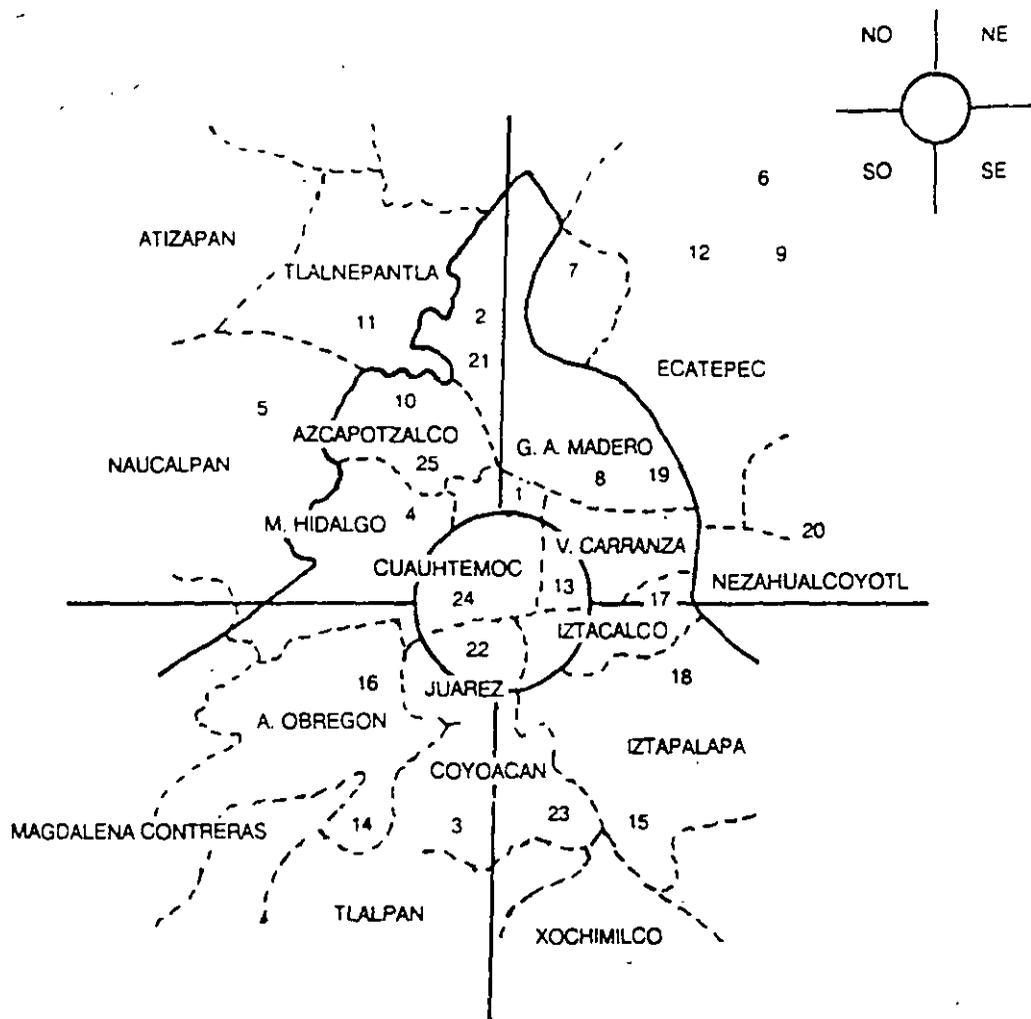
SUBSTANCIA	ORIGEN	CONCENTRACIONES PELIGROSAS	EFFECTOS
Bióxido de carbono	Combustibles orgánicos		Letal en los animales. Benéfico a las plantas verdes.
Monóxido de carbono	Combustibles orgánicos incompletos. Escapes de autos.	100 p.p.m.	Letal en animales, se une a la hemoglobina en combinaciones irreversibles. Las plantas no lo aprovechan y eleva la concentración, también mueren. Ataca a las auxinas (hormonas del crecimiento de las plantas).
Bióxido de azufre	Combustión de carbón mineral y de aceites minerales.	0.5 mg/m <sup>3</sup>	Lesiones localizadas en los órganos de las plantas, necrosis celular y vascular; reducción del crecimiento. Reducción temporal de la fotosíntesis.
Trióxido de azufre	Oxidación del bióxido de azufre por la acción de la luz solar.		Lagrimo, irritación de la garganta, tos, disnea, vómitos náuseas.
Acido sulfúrico	Captación del SO <sub>3</sub> por el vapor de agua atmosférica.	0.3 mg/m <sup>3</sup>	Produce el smog ácido (ácido) irritación energética de las mucosas ocular y respiratoria. Produce la lluvia ácida. Disminuye el desarrollo de los animales, es muy peligrosa para plantas y animales.
Acido sulfhídrico	Putrefacciones con intervención de tiobacterias. Refinerías de petróleo.		Olor muy desagradable (a huevos podridos). Irritante de las vías respiratorias.
Olefinas	Máquinas de combustión interna.	No determinada	Irritación de las mucosas.

Alquitranes	Descomposición pirógena de combustibles y carburantes. Tabaco.		Acción cancerígena.
Hidrocarburos poliaromáticos e hidrocarburos ozonizados.	Zonas petrolíferas. "marcajes" ciudades motores de combustión incompleta del carburante.	No determinada	Tumores cutáneos. La inhalación de gasolina ozonizada produjo tumores pulmonares malignos en ratones. Lesiones cancerosas dérmicas y pulmonares, disminución de peso.
Aldehidos	Gas de escape de los automóviles, incineradores, diversas formas de combustión orgánica.	1 mg/m <sup>3</sup>	Irritación de las mucosas oculares.
Ozono	Tempestades eléctricas. Escape de automóviles.	0.2. p.p.m.	Manchas y destrucción focal de las hojas. Irritación de la mucosa del aparato respiratorio. En proporciones elevadas produce edema pulmonar mortal y hemorragia mata bacterias y otros microorganismos.
Amoniaco	Reacciones de putrefacción, escapes accidentales de fábricas y plantas refrigeradoras.	Indeterminada	Irritante de las vías respiratorias. Epistaxis.
Oxido de nitrógeno y bióxido de nitrógeno.	Tempestades y erupciones volcánicas. Combustión a alta temperatura en hornos y motores.	1 mg/m <sup>3</sup>	Produce manchas en frijoles y deterioro. Altamente tóxico para animales y hombre. Limita el desarrollo de la alfalfa, el avena y otras plantas inhibiendo las auxinas.
Acido nítrico	Fábricas que lo producen o utilizan.	Indeterminada.	Afecta a plantas y animales en las cercanías de las fábricas.
Nitrato de peracilo	Reacciones fotoquímicas que impulsan a las olefinas -al óxido de nitrógeno. Escape de automóviles.	Indeterminada	Irritante de las mucosas oculares causa daños a la vegetación por el llamado "smog oxidante".

Flúor	Industria del aluminio, muy extendido en la naturaleza acompañado al fósforo. Fábricas que producen fertilizantes. Se acumula en el forraje y en el agua.	más de 10 mg/m <sup>3</sup>	Cólicos, destrucción de eritrocitos. (Hemolisis), úlceras digestivas, osificación anormal de esqueleto, efecto acumulativo en el hígado y el sistema nervioso central, interfiere la actividad enzimática.
Oxido de hierro	Industria siderúrgica	Se dispersa rápidamente.	Irritación de la mucosa ocular.
Etileno	Motores de combustión interna.	04 p.p.m.	Inhibe la apertura de algunas flores.
Silicatos	Fábricas de cemento. Trituradoras de piedra de cantera Minas de arena. Fábrica de cerámica, pulidoras de cristal.	Indeterminado. Se deposita sobre plantas y los objetos.	Silicosis pulmonar, o endurecimiento de los mineros; que provoca un síndrome semejante a la tuberculosis.
Asbestos	Minas y fábricas	Indeterminado	Asbestosis o impregnación de los pulmones. Se encuentra asbesto (en forma de amianto) en cánceres broncopulmonares.
Arsénico	Derramamiento de anhídrido de arsénico.	Indeterminado	Letal para plantas y animales.
Sulfato de amonio	Reacción del ácido sulfúrico con el amoniaco atmosférico.	Indeterminado	Irritación de la mucosa respiratoria.
Polvo de sílice y polvo de cal.	Minas, caleras y fábricas de cerámica y cemento.	Indeterminado	Destruyen todo tipo de vegetación. Irritación de la mucosa respiratoria de animales y hombres.
Alergenos	Microorganismos como bacterias, hongos, levaduras, partes de plantas como pelos, polen, etc. Pelos y plumas de animales, descamaciones cutáneas; cobalto y berilio.	Indeterminado	Asma, fiebre de heno, fiebre de primavera, urticaria, etc.
Plaguicidas: Insecticidas, herbicidas, etc.	Aspersiones con fines agrícolas y ganaderos. Accidentes en bodegas y almacenes.	Indeterminado	Esterilización del suelo. Accidentes de las aves; envenenamiento específico.

<b>Aluminio</b>	Industrias que lo usan como materia prima	Indeterminado	Mortalidad masiva de abejas, coleópteros y otros insectos. Los gusanos de seda están en vías de extinción.
<b>Moolibdeno</b>	Industrias que lo manejan		Anemia y lesiones óseas en animales.
<b>Manganeso</b>	Fábricas que lo producen		Neumonías.
<b>Humo, hollín ceniza</b>	Aparatos de calefacción con petróleo, leña, carbón, diesel.		Antracosis pulmonar (impregando el tejido pulmonar). Se forma de ácido sulfúrico en aerosoles. Produce núcleos de condensación del vapor de agua.
<b>Olores desagradables gas metano, etc.</b>	Desagues públicos, letrinas Estercoleros, mataderos, fábricas de cola, pescaderías, tencrias, papeleras, etc.	Indeterminado	Irritación de las mucosas del aparato respiratorio. En los estercoleros y basureros se pueden producir combustiones espontáneas.
<b>Cloro</b>	Fábricas que lo producen o lo manejan. Almacenes. Plantas de clorinación de agua.	La luz y la ventilación volatilizan el cloro, el que se difunde rápidamente.	Lesiones semejantes a las heladas en las plantas Irritación pulmonar en personas y animales.
<b>Acido clorhídrico</b>	Plantas productoras y fábricas que lo utilizan.	Indeterminado	Lesiones semejantes a las heladas en las plantas.
<b>Zinc</b>	Fábricas que lo procesan, minas, etc.	Indeterminado	Enfermedades cardiovasculares, hipertensión y en casos extremos, la muerte.
<b>3,4 benzopireno</b>	En la atmósfera de muchas poblaciones: combustión incompleta de hidrocarburos y otras materias carbonosas. Motores diesel y de gasolina.	Por fortuna son poco estables y se destruyen rápidamente en forma espontánea.	Cancerígeno, tanto en las vías respiratorias como en otros órganos.
<b>Tabaco</b>	Diversas sustancias aisladas del tabaco como alquitranes, además de la nicotina. Personas que fuman intensamente y las que rodean o conviven con los fumadores.	Hay distinta sensibilidad individual.	Cancerígeno, tanto en las vías respiratorias como en otros órganos.

<p>Mercaptanos y sulfuros orgánicos, principalmente disulfuro de dimetilo, sulfuro-metilmercaptano.</p>	<p>Proceden de las plantas elaboradoras de papel. Refinerías.</p>	<p>Provoca olores fétidos característicos y molestos. Son tóxicos en diversos grados, afectan seriamente el sistema nervioso central.</p>
<p>PAN (Peróxido de acétileno)</p>		<p>Bloquea la reacción de Hill en la fotosíntesis, mata la planta al impedir la producción de alimento.</p>
<p>Plomo</p>	<p>Gases que escapan de los automóviles (gasolina), cerámicas, pinturas, pesticidas, soldadura de latas de conserva, cañerías y otras fuentes.</p>	<p>Veneno que puede desorganizar el funcionamiento de células y órganos (sistema nervioso, muscular y circulatorio), provoca estado de coma y muerte. Causa probable de anemias, a las plantas y animales llega por aire y agua.</p>



UBICACION DE LA RED AUTOMATICA DE MONITOREO ATMOSFERICO

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. LAGUNILLA               | 14. PEDREGAL          |
| 2. VALLEJO                 | 15. C. DE LA ESTRELLA |
| 3. PEDREGAL DE STA. URSULA | 16. PLATEROS          |
| 4. TACUBA                  | 17. HANGARES          |
| 5. ENEP ACATLAN            | 18. UAM IZTAPALAPA    |
| 6. STA. MA. TULPETLAC      | 19. ARAGON            |
| 7. LA PRESA                | 20. NEZAHUALCOYOTL    |
| 8. LA V. BOMBEROS          | 21. I.M.P.            |
| 9. SAN AGUSTIN             | 22. B. JUAREZ         |
| 10. AZCAPOTZALCO           | 23. TAXQUEÑA          |
| 11. TLALNEPANTLA           | 24. INSURGENTES       |
| 12. XALOSTOC               | 25. CUTLAHUAC         |
| 13. MERCED                 |                       |

Figura 31. Ubicación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.

## DISMINUCION DE LA CAPA DE OZONO

La grave amenaza que se cierne sobre la vida del planeta, como consecuencia de la progresiva destrucción de la capa de ozono, se trata de una realidad que pone en riesgo un aspecto vital para la vida en la Tierra, teniendo en cuenta la función que realiza la envoltura de ozono que rodea el planeta entre los 15 y lo 50 km de altura (Figura 32).

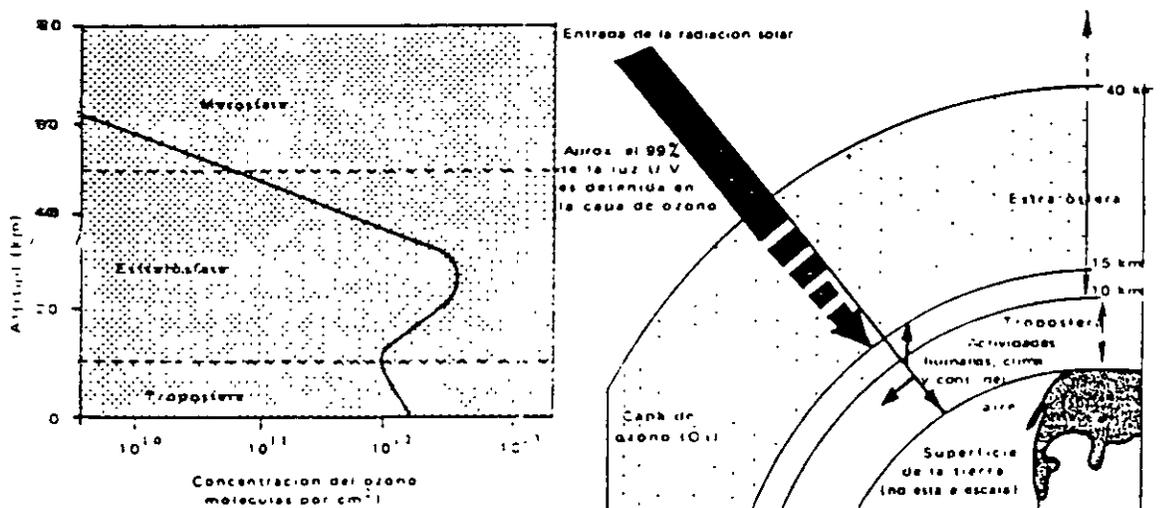


Figura 32. Estructura de la atmósfera y concentración del ozono (concentración del ozono de R.T. Watson, "Atmospheric ozone, "In Effects of Change in Stratospheric Ozone and Global Climate, Vol.1, Overview; ed. J. G. Titus, U. S. Environmental Protection Agency, p. 70.

Aunque el ozono (O<sub>3</sub>) representa apenas una millonésima parte de la atmósfera terrestre, (se encuentra en equilibrio dinámico por medio de una serie muy compleja de reacciones químicas competitivas y mecanismos de transporte) cumple un papel fundamental en la regulación de la temperatura de nuestro medio ambiente. Absorbe los rayos ultravioleta componentes de la radiación solar, haciendo que la intensidad de éstos quede suficientemente menguada u opacada como para no perjudicar a los seres vivos que habitan la tierra. En otras palabras, la capa de ozono protege la vida en el

planeta de los efectos perniciosos de los rayos ultravioleta, de ahí la importancia fundamental de deteriorarla y de mantenerla sin alteraciones.

A medida que disminuye el ozono, la capa protectora de la tierra se va alterando y los rayos U entran con más facilidad y mayor intensidad en las capas bajas de la atmósfera, lo que podría aumentar incidencia de cánceres de la epidermis, provocaría trastornos meteorológicos y afectaría a determinadas formas de vida vegetal y animal trayendo consigo merma de las cosechas, cambios biológicos en plantas animales y posibles efectos congénitos (Figura 33).



**OJOS**

Se pueden desarrollar cataratas o nube, resultado vision borrosa y hasta ceguera



**PIEL**

Su exposición puede causar envejecimiento prematuro y varias formas de cáncer de la piel.



**SISTEMA INMUNOLÓGICO**

Reducción en respuesta inmunológica. Mayor susceptibilidad a las enfermedades



**CULTIVOS**

Interferencia en la fotosíntesis pudiendo resultar un decremento en la producción



**VIDA MARINA**

Los efectos de la radiación en el crecimiento del fitoplancton, se integra a la cadena alimenticia.

Figura 33. La disminución de la capa de ozono significa una alta exposición a los rayos U. V., lo que trae consigo daños directos a todos los seres vivos en el planeta.

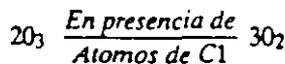
Los principales factores que están modificando la capa de ozono de la estratósfera son: el uso de los atomizadores en aerosol (sprays), los aviones supersónicos, los fertilizantes a base de nitrógeno y las explosiones nucleares (Figura 34).

Los clorofluorometanos (freones), compuestos por cloro, flúor y metano) que se usan como propelentes de aerosoles y como gases de enfriamiento en los refrigeradores, se descubrió que habían invadido la tropósfera; como el freón es menos denso que el aire se eleva hacia la estratósfera, en donde se descompone por la luz UV con fuerte emisión de átomos de cloro libres (Figura 35).

Un sólo átomo de cloro libre puede iniciar una extensa y compleja reacción en cadena que da como resultado la destrucción de millares de moléculas de ozono.



Destrucción de la capa de ozono:



Diferentes investigaciones realizadas, ponen de relieve que los efectos de los gases, especialmente freón y otros similares, harán sentir las primeras consecuencias serias a partir de los años noventa, si siguen utilizando los sprays como se ha hecho hasta ahora, pues el cloro podría asumir el control químico de la estratosfera con gravísimas consecuencias sobre los sistemas biológicos de la tierra (Figura 36)

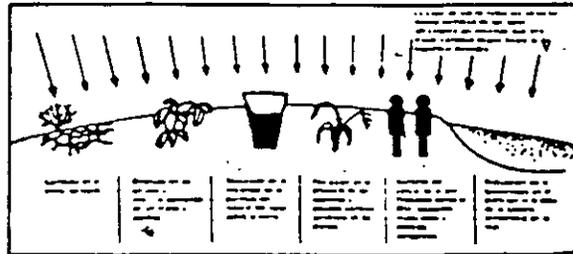


Figura 34. El uso de los clorofluorometanos ha aumentado considerablemente en las últimas dos décadas, poniendo en peligro este hecho a la capa de ozono por la presencia de átomos de cloro en la estratosfera.

El ozono también está amenazado por los reactores supersónicos, a estos aviones que vuelan a la altura de la capa de ozono emiten en sus gases de escape óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) que atacan al ozono.

El óxido nítrico reacciona catalíticamente con el ozono y se regenera al final de la serie de reacciones. Las reacciones más importantes son:

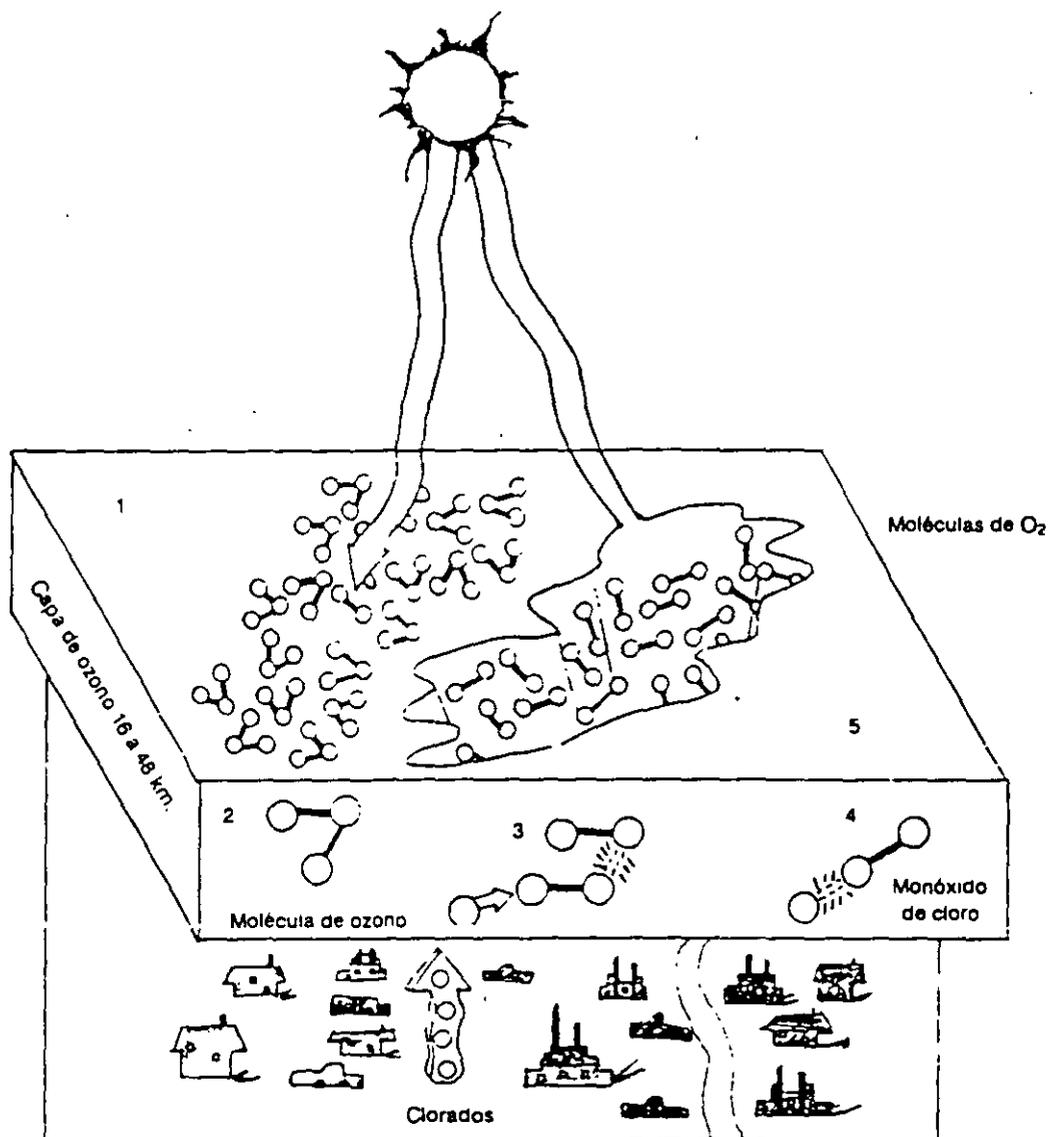


Se puede considerar que realmente el NO destruye por este mecanismo 2 moléculas de ozono en cada ciclo, una real y una potencial que se podría haber generado a partir del átomo de oxígeno en la segunda reacción. Debido a la naturaleza catalítica de la reacción, una cantidad muy pequeña de NO puede destruir cantidades muy elevadas de ozono y continuará haciéndolo hasta que el NO o su producto final, y el ácido nítrico se eliminen de la atmósfera mediante el descenso previo a la troposfera.

Por cada kilo de combustible empleado por un Jumbo, se liberan 15 gr de óxido nítrico, mientras que los supersónicos Concorde, producen unos 18 gr por kg. Además, su escape contiene agua,  $\text{CO}_2$  y materia pulverizada; se calcula que una flota de 500 aparatos supersónicos podrían aumentar en pocos años, el contenido de agua de la estratosfera en un 50%, lo que ocasionaría un aumento medio de la temperatura de la Tierra, de tal vez  $0.2^\circ\text{C}$ . Esto podría destruir parte del ozono que la protege de la radiación UV. La materia pulverizada formaría entonces núcleos de cristales de hielo y aumentaría un poco el albedo estratosférico. Esto podría conducir a un enfriamiento de la temperatura, probablemente en una pequeña magnitud. Uno de los efectos visibles de esta contaminación sería que el cielo se iría haciendo gradualmente más caliginoso y perdiera algo de su color azul. Por lo que no sabemos cual será el efecto neto del autotransporte supersónico.

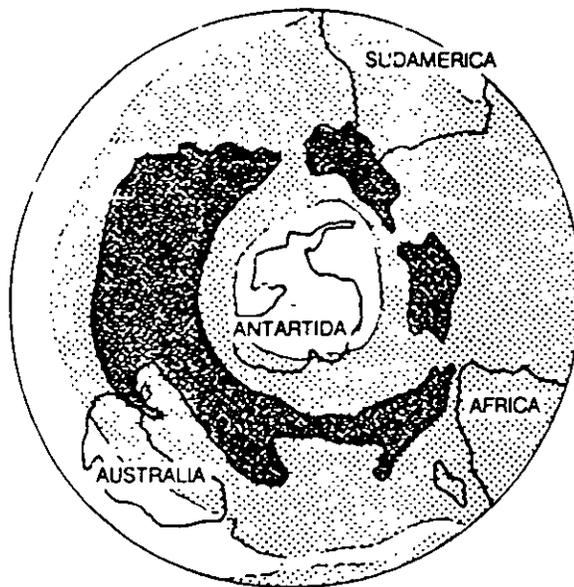
Los fertilizantes a base de nitrógeno constituyen otro de los posibles agentes modificadores de la capa de ozono, ya que liberan óxidos de nitrógeno que actúan en la estratosfera, con el riesgo de reducir seriamente la capa de ozono.

Las explosiones nucleares también afectan a las capas de ozono de la estratosfera. Una guerra nuclear global podría reducir el ozono de un 20 a un 70%, con lo cual se acabaría la vida en el planeta, pues los

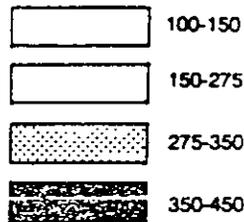


1. La capa de ozono en la estratosfera protege a la tierra del daño de los rayos U.V.
2. El ozono es una molécula de 3 átomos de oxígeno.
3. Los átomos de cloro (FC) atacan al ozono y toman un átomo de oxígeno formando monóxido de cloro.
4. El monóxido de cloro se combina con otros átomos de oxígeno y forma un nuevo oxígeno molecular (O<sub>2</sub>).
5. La nueva molécula de oxígeno no bloquea la luz ultravioleta y permite que estos penetren a la tierra.

Figura 35. Destrucción de la capa de ozono en la estratosfera por la acción de los átomos de cloro



O<sub>3</sub> Unidad Dobson



Una unidad Dobson equivale a una concentración de 1 parte por billón de O<sub>3</sub>.

**Figura 36.** Una de las consecuencias del abuso de los freones más radicales es la disminución de la capa de ozono con mayor manifestación en la zona del antártico.

que no hubieran muerto a causa de las explosiones y las radiaciones, lo harían como consecuencia de los efectos de los rayos UV emitidos por el sol.

## PREGUNTAS.

1. ¿Cuál es el papel que juega la capa de ozono en la atmósfera?
2. ¿Cuáles son los factores que están afectando la capa de ozono?
3. ¿Cómo actúan los llamados freones en la disminución de la capa de ozono?
4. ¿Cómo alteran los aviones supersónicos la capa de ozono y porqué razón no se puede explicar claramente el efecto neto de los mismos?

## CONTAMINACION DEL AGUA

### EL AGUA UN RECURSO NATURAL

Junto con la energía solar, el agua es la fuente de la vida en la tierra, sin embargo, para que cumpla su función vital, el agua depende de complejos y delicados equilibrios físico-químicos y biológicos.

El agua es el líquido no metálico con mayor conductividad térmica, además de uno de los mejores disolventes que existen. Este cúmulo de propiedades tan singulares, otorgan al agua una importancia biológica sin precedentes, al tiempo que justifica plenamente el porqué de su papel protagonista en el alumbramiento y conservación de la vida.

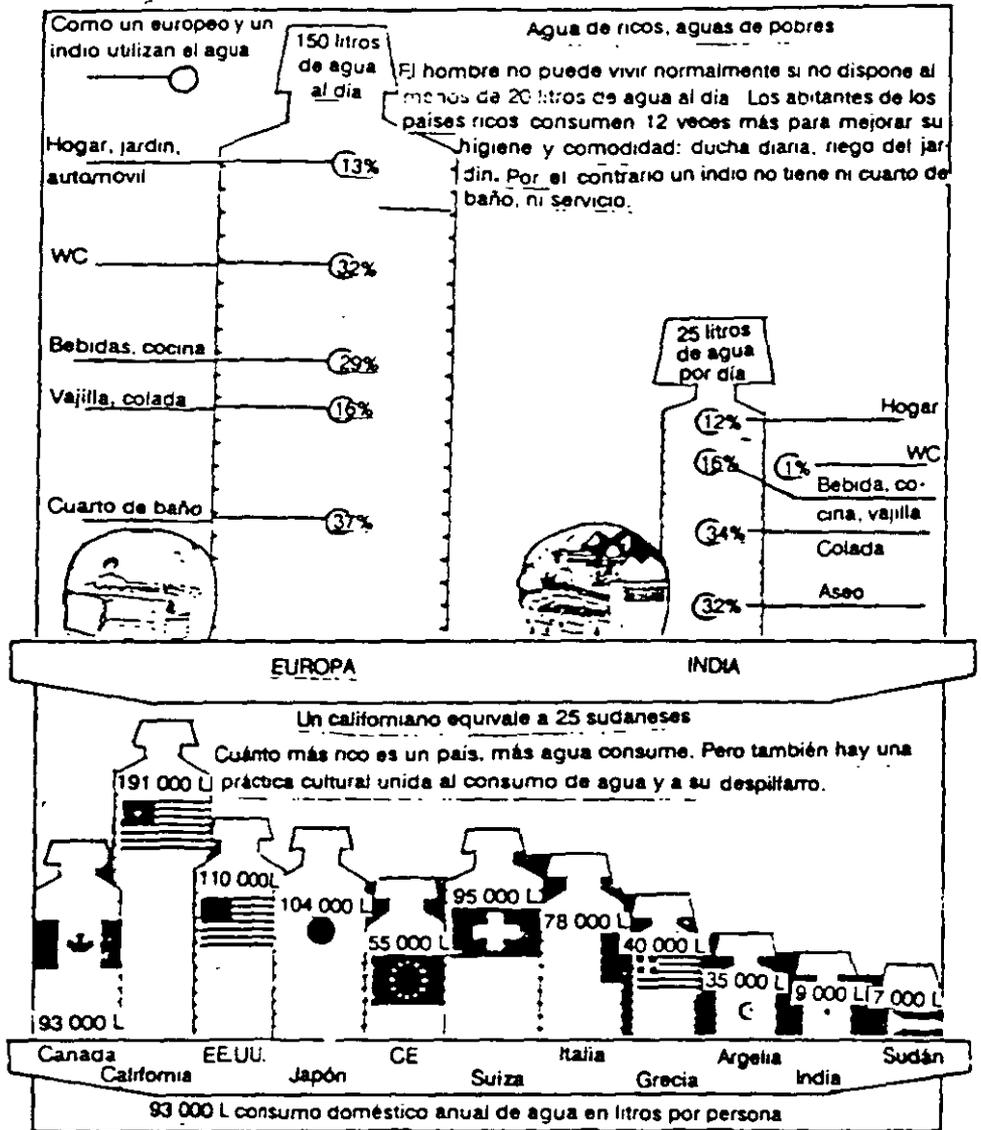
El agua es el mejor estabilizador químico que existe en la naturaleza, también es el líquido con mayor calor específico, es decir, si se extrae el calor de una masa de agua, su temperatura descenderá más lentamente que si el fenómeno sucediera sobre cualquier otro líquido. Al contrario de lo que pasa con otros líquidos, se congela de arriba a abajo; primero lo hace su superficie, que forma una capa de hielo de notables propiedades térmicas, a continuación y si las condiciones lo propician seguirán helándose las capas más cercanas a aquella.

El empleo que el hombre hace del agua está relacionado con factores tan dispares como las costumbres, educación, grado de desarrollo y, sobre todo, región del mundo en donde viva. Pero siempre desde que la especie apareció sobre el planeta, nuestra existencia ha estado ligada a este elemento. Y no sólo el hombre depende por completo del agua; el inicio de la vida en la Tierra aconteció en su seno, a partir de entonces todos los seres viven en el agua o contienen elevados porcentajes de este irremplazable líquido, que en el caso de los humanos representa el 75% de su peso.

### CICLO HIDROLOGICO

El ciclo del agua comprende dos partes principales; la atmosférica y la terrestre, (Figura 43) la parte terrestre del ciclo hidrológico está representada por todo cuanto hace referencia al movimiento y al almacenamiento del agua en la tierra y el mar; es la más estudiada y conocida. La parte atmosférica del ciclo está constituida por los transportes de agua en la atmósfera, principalmente en forma de vapor. La interfase entre la atmósfera y la superficie del globo terrestre (incluidos los océanos) constituye la bisagra entre ambas partes del ciclo del agua.

En la tierra, el agua está presente bajo todas sus formas; líquido, hielo o vapor; está distribuida en cinco reservas interconectadas, cuyo conjunto constituye la hidrosfera. El mar es la más importante de



Fuentes: OCDE\* Gestion des ressources, 1989. World Ressources Institute 1992\* Gaim 1990

Figura 43. Consumo del agua por habitante. La distribución y consumo del agua en el mundo no es la misma, así como el destino que lleva el uso del agua, hace que ésta resulte ser un recurso muy importante que cada día se debe cuidar más, sobre todo, en donde ya se empieza a notar su escasez.

estas reservas, seguida por los depósitos de hielo o nieve, las aguas terrestres, la atmósfera y por último la biosfera. Parte del agua se desplaza a través de la biosfera, en respuesta a fuerzas físicas, entre ellas el movimiento del aire y de los mares, la corriente de los ríos, la precipitación pluvial, el deslizamiento de los glaciares, la evaporación de las superficies y la transpiración a través de las barreras porosas externas de los seres vivos; la tecnología humana ha añadido otros factores, tales como el impulso de bombas y el baldeo de los excusados. Una parte del agua circula en virtud de cambios químicos, especialmente por fotosíntesis, que vuelven a disponer los átomos de las moléculas de agua de tal modo que quedan

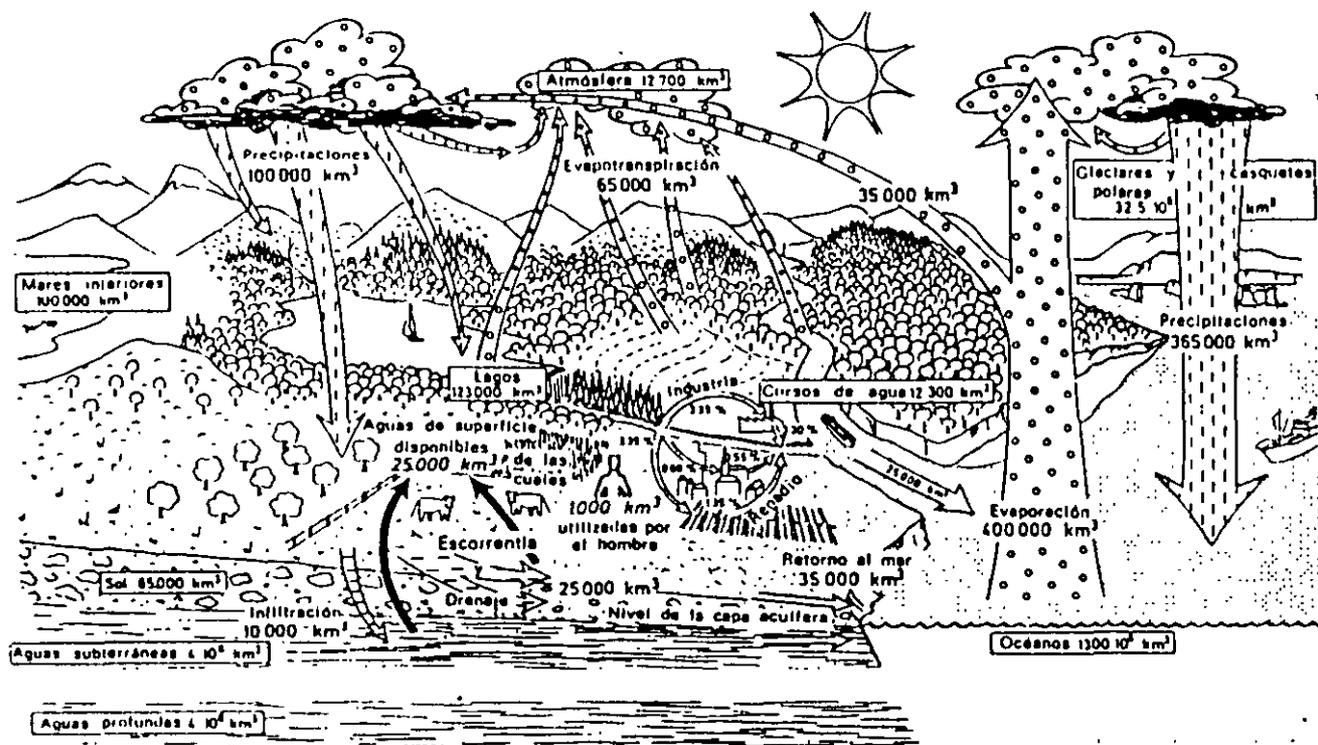


Figura 44. El ciclo del agua en el mundo.

incorporadas a las estructuras de la materia vegetal; de igual manera, la oxidación hace que se vuelva a producir agua y la libera nuevamente hacia la hidrosfera.

Del volumen total de agua que hay en el planeta (alrededor de 1.5 millones de  $\text{km}^3$ ), un 97% es de agua oceánica, inservible para uso humano directo; del 3% restante, que son las aguas dulces de la tierra y susceptibles de ser utilizadas por el hombre, cerca de las 2/3 partes, se encuentran concentradas en los polos en formas sólidas, de la tercera parte restante de esta pequeña porción, casi la totalidad se halla almacenada en mantos subterráneos, quedando sólo un 0.35% en pantanos, lagos y otros reservorios. Y una cantidad, aún menor (0.01%) en ríos y otras corrientes superficiales. Así pues, el ser humano depende de una cantidad limitada de este elemento.

El paso del agua dulce a través de la fase gaseosa es un mecanismo de desalinización natural; a causa de la evaporación la atmósfera se satura de vapor de agua, al condensarse este vapor, el agua cae en forma de precipitación que alimenta ríos, lagos y acuíferos subterráneos. El agua (dulce) de los ríos, posee fines prácticos. Lo mismo puede afirmarse de los lagos abiertos (aquellos que tienen desagüe) y de las aguas subterráneas que participan activamente en el ciclo hidrológico. Los océanos, lagos cerrados y aguas subterráneas estancadas en zonas profundas están fuertemente mineralizadas, y en algunos casos contienen aguas saladas. Anualmente unos 435 mil  $\text{km}^3$  se evaporan de la superficie de los océanos. Un 90% retorna a los mares del mundo por precipitación. El 10% restante se desplaza hacia los continentes, por la acción de los vientos. Por una combinación de precipitación (112 mil  $\text{km}^3$ ) y evaporación (73 mil  $\text{km}^3$ ) y recarga de acuíferos, queda un remanente de 37 mil  $\text{km}^3$  que se escurre por las cuencas hidrológicas del mundo y va a parar a los océanos para cerrar el ciclo hidrológico. Hay que considerar que de este pequeño total, sólo un 40% (poco más de 14 mil  $\text{km}^3$ ) constituyen flujos estables posibles de ser aprovechados por el hombre.

La hidrosfera es un sistema dinámico, una característica que diferencia los recursos hídricos de otros recursos naturales. La hidrosfera en cuanto a volumen y grado de mineralización, ha cambiado a lo largo de miles de millones de años de existencia, pero tales cambios se han producido muy lentamente. Se supone que a lo largo de la historia de la Tierra, el volumen de la hidrosfera (1 400 000 000  $\text{km}^3$ ) en la actualidad, ha aumentado anualmente 1  $\text{km}^3$ , a partir del agua liberada por el manto terrestre, una fuente que contiene agua combinada física y químicamente en una cantidad quince veces superior a la de la hidrosfera. La tasa de renovación del agua de la hidrosfera es muy superior (del orden de las 500 mil veces) como consecuencia del ciclo hidrológico.

La tasa de renovación del agua, es el tiempo que sería necesario para intercambiar el volumen del agua de un compartimento a través del ciclo hidrológico. La tasa de renovación de la hidrosfera es de 2 800 años y la del agua subterránea, 5 000 años. No obstante, el agua fundamentalmente dulce, de la zona de intercambio activo del agua subterránea, tiene una tasa de renovación de 330 años para las aguas continentales superficiales, la tasa de renovación es de sólo 7 años. Por otro lado, las tasas de renovación de las zonas más móviles de la hidrosfera, aumentan bruscamente a valores de 0,031 años para las aguas fluviales (el agua se renueva cada 11 días, o 32 veces por año) y 0,027 años para la humedad atmosférica (cada 10 días).

La tasa de renovación de las zonas dulces de la hidrosfera es de 3 a 5 veces superior a la de las regiones salinas. Las capas de hielo polar constituyen una excepción, con una tasa de renovación de 8 000 años, debido a que el agua de esta región se encuentra en forma de grandes masas de hielo con una movilidad muy pequeña.

## CONTAMINACION DEL AGUA

El hombre perturba el ciclo hidrológico, modificando los procesos naturales que actúan sobre el agua al extraer agua para la industria, la agricultura y los asentamientos humanos, construyendo estructuras diversas que facilitan el uso de los cursos de agua para pesca, navegación, producción de energía y uso recreativos. El hombre influye en el agua de dos formas:

1. Directamente, modificando el régimen de circulación y la calidad de las aguas mediante extracción, vertido de aguas residuales, regulación fluvial y construcción de diferentes estructuras intrafluviales. Us

parte del agua empleada en el riego se pierde por evaporación y transpiración, y sólo una parte vuelve al sistema hidrológico local (Figura 45 y 46).

2. Indirectamente, producidas por diferentes medidas relacionadas con la utilización del suelo; alternado la vegetación y la cobertura del suelo, por eso, todo cambio en la utilización de la tierra que modifique la cobertura vegetal, la densidad del follaje, la profundidad de las raíces, el desarrollo del sistema radicular, la permeabilidad del suelo, las desigualdades del relieve, etc., implica cambios en el proceso de transformación del agua. Si la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo cambia y está esforzada a seguir otras vías, las oscilaciones temporales del flujo de los ríos se modifican, aumentando o disminuyendo las avenidas máximas y los caudales durante el periodo seco.

En la actualidad son muchas las actividades que el ser humano realiza en las que el agua reviste gran importancia sin embargo, todas estas han dado como resultado una degradación del líquido, en cuanto a su calidad y en algunos casos altera irremisiblemente su composición química.

La palabra contaminación, proviene del latín *contaminare*, y significa manchar, ensuciar o infectar, habiéndose aplicado en ocasiones sólo para los efectos que se dan directamente a través del agua, es decir un contagio o una transmisión de alguna propiedad al medio (como contaminación térmica, radiactiva o de gérmenes patógenos) y que perjudican la salud del hombre o de los animales que la beban; siendo el agua sólo un vehículo del agente contaminante, sin considerar los aspectos ecológicos y las alteraciones que sean provocadas en el ambiente.

Recientemente se ha introducido el término polución del Latín *polluere* y su significado es idéntico al de contaminarse es decir, ensuciar o infectar, sólo que se empezó a aplicar cuando eran desechados residuos putrefactos al ambiente; caracterizando por tanto, la polución del agua por los efectos ecológicos que transformaban el ambiente y llevaban consigo un desarrollo inapropiado para las poblaciones acuáticas.

La contaminación y la polución se dice que se encuentran asociadas porque pueden tener un mismo origen; que es la introducción de desechos extraños a la naturaleza del ambiente acuático, considerándose éstos de composición compleja, además de que contienen sustancias que perjudican ecológicamente y al mismo tiempo se aportan elementos nocivos para la salud de los organismos terrestres incluyendo al hombre. Sin embargo, los dos vocablos se emplean siempre como sinónimos sin tomar en cuenta las distinciones para cada uno de ellos.

## DINAMICA DE LA CONTAMINACION DEL AGUA.

Hasta hace aproximadamente doscientos años, el deterioro de los cursos del agua debido a la contaminación orgánica no era importante, porque la población humana era reducida y dispersa, y los desechos que se arrojaban a los ríos se depuraban gracias a las propiedades purificadoras naturales del agua. Por el contrario, los organismos patógenos si eran un serio problema, pues aún no se habían establecido la relación entre la enfermedad y los agentes transmitidos por medio de la contaminación fecal.

Ahora la contaminación de las aguas tiene otras características, en los últimos quince años, el hombre ha incluido poderosamente sobre el ciclo del agua trayendo como consecuencia inmediata la polución de la misma; (Figura 47) a lo largo del ciclo hidrológico se reestablecía la calidad y aptitud de las aguas, pero como consecuencia del vertido de residuos urbanos e industriales, se han sobrepasado los límites que permiten la purificación a través del ciclo natural de evaporación y lluvia.

La contaminación no sólo afecta a las personas que utilizan el agua de manera directa, sino también a las que lo hacen de manera indirecta, ya sea consumiendo verduras u hortalizas regadas con aguas contaminadas o pescado capturado en mares o ríos contaminados. El grado de contaminación de las aguas se mide por la demanda bioquímica del oxígeno (DBO), o sea, el peso de oxígeno disuelto que se consume por volumen de agua y unidad de tiempo como consecuencia de los procesos metabólicos de los seres vivos que habitan dicho volumen. Si la concentración de sustancias contaminantes, o simplemente la cantidad de desechos arrojados, sobrepasa ciertos límites, se intensifican los procesos de mineralización

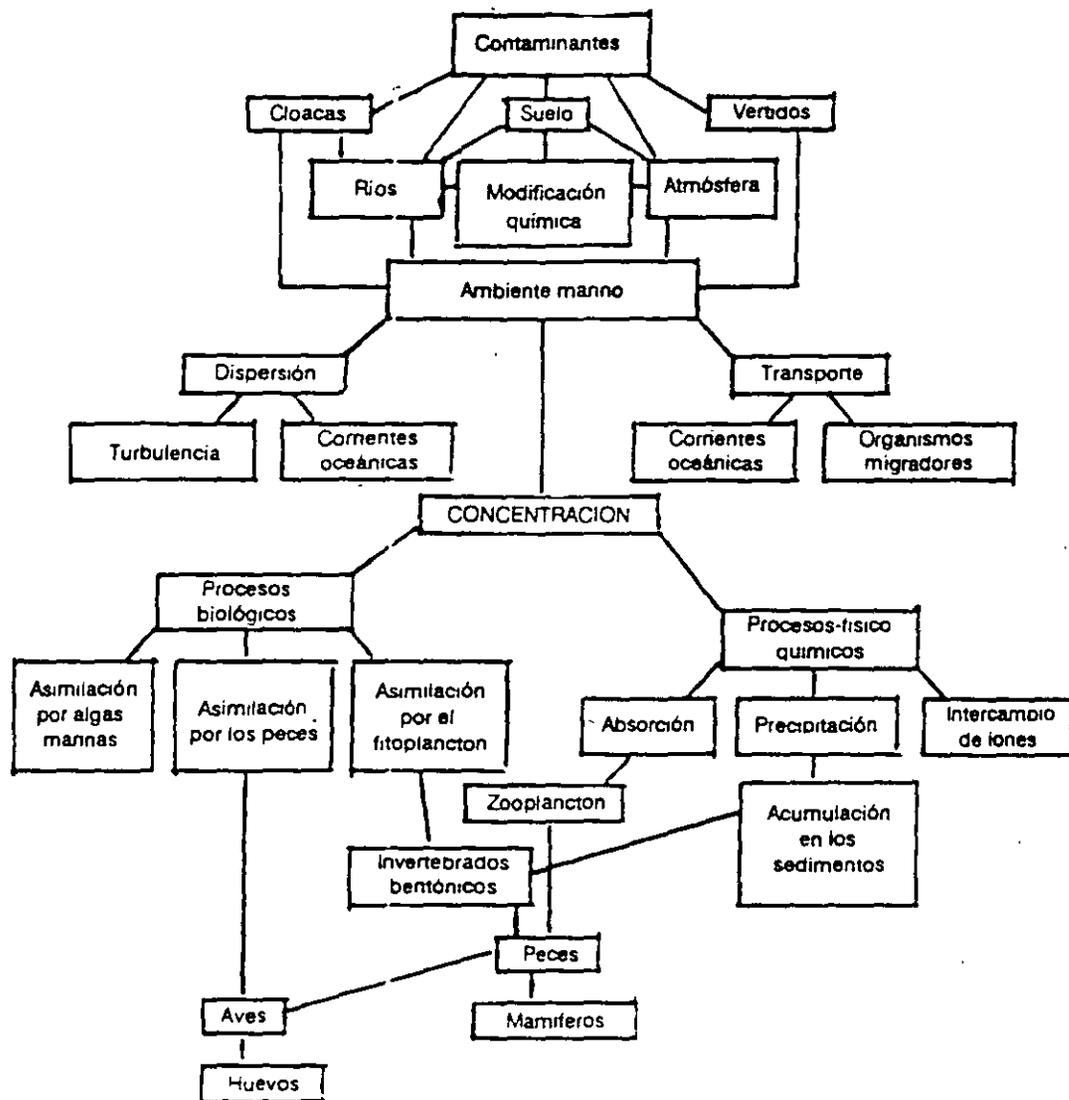


Figura 46. Contaminación del agua; el vertido de contaminantes en el agua ha repercutido en todos los ámbitos; alterando los ecosistemas.

de la materia orgánica debido a la acción de las bacterias que los descomponen, lo que implica por su parte consumo de oxígeno. Si la degradación agota el oxígeno disuelto en el agua, se puede producir la Asfidia de los animales acuáticos, y esto a su vez, provoca cambios que pueden ser irreversibles en los ecosistemas acuáticos.

Los contaminantes de toda clase vertidos en el medio acuático, representan el tipo más visible de los impactos humanos sobre la calidad de las aguas. Distinguiremos dos clases de productos: Por una parte, las sustancias que ya están presentes en el medio natural, para las que no se podrá hablar de contaminación; por otra parte, las sustancias fabricadas por el hombre y expuestas a la naturaleza (macrocontaminantes orgánicos, como el DDT o los diferentes clorados "PCB", y algunos isótopos radiactivos, que con su sola presencia certifican una contaminación). La variabilidad de las concentraciones observadas en el medio fluvial es muy grande en el tiempo y el espacio y normalmente sólo se pueden medir y registrar a largo plazo para unos pocos parámetros de la calidad de las aguas

como el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, la temperatura y la turbidez óptica. A causa de la naturaleza discontinua, de la vigilancia de la calidad de las aguas, los accidentes, por definición, escapan completamente a esta detección y generalmente sólo lo son por sus efectos sobre la fauna, la flora y los sedimentos, que conservan la memoria del río.

En el ecosistema es improbable que la contaminación provoque efectos irreversibles, exceptuando quizá la contaminación radiactiva. Los efectos se manifiestan en la desaparición de algunas especies, con posible aumento en la población de otras; en general, disminución de la diversidad, pero no necesariamente del número de especies individuales, y alteración del equilibrio de procesos tales como depredación, competición y ciclaje de materiales.

Si bien las causas de contaminación del agua son diversas y de variada naturaleza, se pueden distinguir cinco principales; vertido de aguas residuales y urbanas, contaminación producida por la industria, contaminación de origen agrícola, contaminación térmica y el proceso de eutrofización.

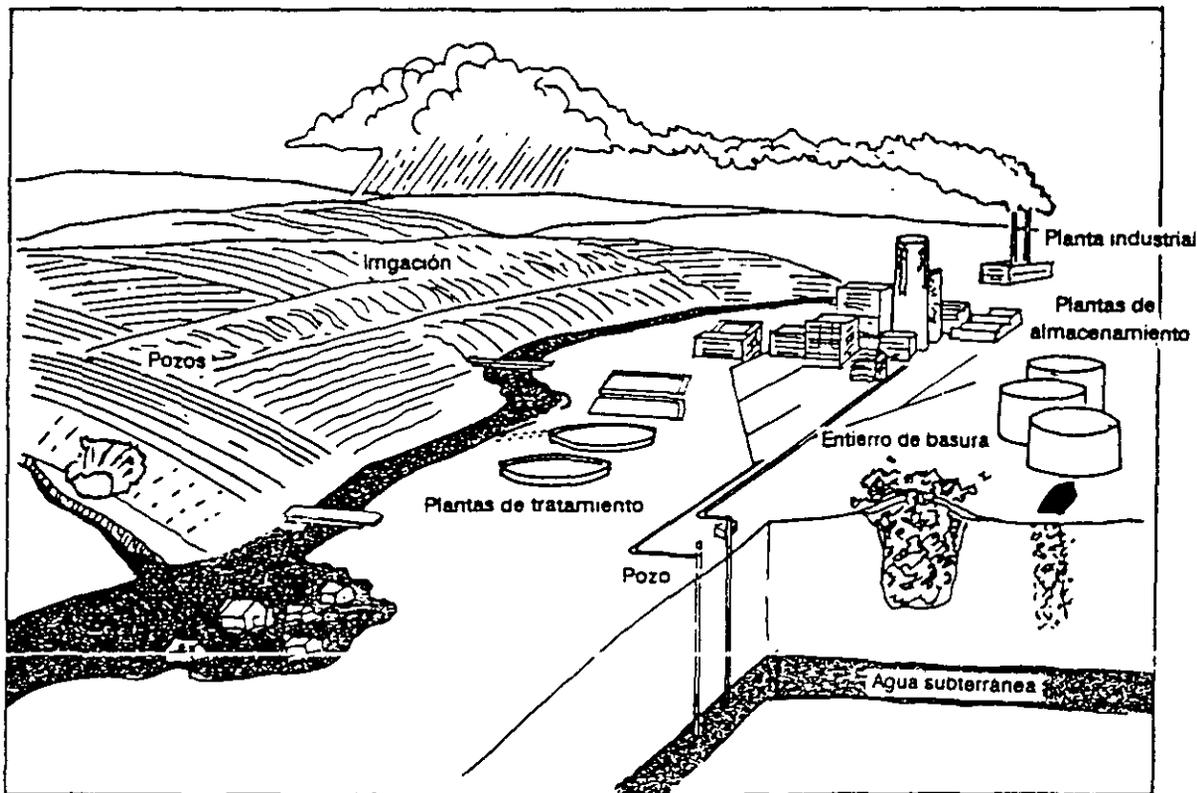


Figura 47. El impacto del hombre en el ciclo hidrológico. 1. Pozos. 2. Adición de contaminantes por precipitación. 3. Transporte de contaminantes. 4. Descarga de contaminantes. 5. Acumulación y filtración de contaminantes a las aguas subterráneas. 6. Contaminación por inundaciones. 7. Contaminación de aguas subterráneas, causado por la introducción de aguas de mar, cambios de uso del suelo o climatológicos.

**Vertido de las aguas urbanas:** La inmensa mayoría de las ciudades no trata sus aguas residuales y las vierte directamente a la cuenca de los ríos, al mar o a los lagos; y a medida que crecen las ciudades, las aguas residuales alcanzan volúmenes muy elevados. Para tener una idea de la magnitud de las aguas residuales que evacúa una ciudad industrializada hay que multiplicar el número de habitantes por 500 litros (en algunos casos se llega a los 600).

Un porcentaje muy bajo de las aguas residuales urbanas son depuradas, otras apenas si se filtran por medios mecánicos; si a ello se agrega una creciente utilización de agua en las zonas urbanas, es fácil comprender por qué se agravan los problemas derivados de la contaminación de las aguas residuales urbanas. La falta de una adecuada depuración puede ser causa de contaminación bacteriana proveniente de los desechos y residuos. Una concentración microscópica de 100 E. coli por cada centímetro cúbico, se considera como contaminación efectiva de las aguas, pero tolerable; a partir de los 1 000 E. coli, la contaminación entra en la categoría de peligrosidad. Esta tolerancia y peligrosidad no está medida en relación con las posibilidades de beber agua, sino con las posibilidades de bañarse.

**Contaminación producida por la industria:** Hay una serie de industrias que necesitan una gran cantidad de agua para funcionar (minería, metalurgia, papelera), como resultado de ello muchas aguas llevan consigo desechos de las fábricas, que constituyen la causa más grave de contaminación y deterioro de las mismas. Los principales elementos nocivos que llevan las aguas contaminadas de las industrias son: petróleo, hidrocarburos, breas, aceites minerales, fosfatos, nitratos, fluoruros, elementos tóxicos (plomo, arsénico, selenio, cadmio, manganeso, mercurio, etc.), sustancias radiactivas y detergentes. Todo esto acaba depositándose en los ríos, en el mar y en los lagos.

**Contaminación de origen agrícola:** Provocada principalmente por desechos de esta actividad, restos de origen animal, y lo que es más peligroso, los residuos de abonos, plaguicidas, herbicidas y pesticidas que también terminan en los ríos, lagos, mares y aguas subterráneas. Todos estos contaminantes provienen de aguas residuales, de la industria y los de origen agrícola, pueden agruparse en dos categorías: biodegradables y no biodegradables, los desechos biodegradables pueden ser asimilados y generalmente desaparecen, por el contrario, los contaminantes no biodegradables, no pueden ser utilizados por los microorganismos y se mantienen en el ambiente; algunos resultan tóxicos a los microorganismos y al resto de los seres vivos.

**La contaminación térmica:** Está provocada por el aumento de la temperatura del agua, en esta cuestión hay varios aspectos a señalar en cuanto a la alteración de las propiedades de las aguas y los problemas para la vida de la flora y la fauna que se desarrollan en ellas. En primer lugar, el aumento de la temperatura por encima de las variaciones naturales (estacionales) producen una disminución del oxígeno disuelto en el agua que a su vez, hace que disminuya la capacidad de autodepuración de las aguas (la depuración consiste en oxidación de productos de contaminación orgánica). Por otra parte, el aumento de temperatura favorece la proliferación de bacterias, lo cual da lugar a un incremento del riesgo de enfermedades producidas por ellas.

Todo ello incide indudablemente en la vida de los peces crustáceos, algas y demás seres vivos, como efectos más evidentes en los ríos que en los mares. Pero la contaminación térmica no sólo se produce en las aguas, tiene también efectos o consecuencias climáticas; suele provocar cambios en el microclima de la zona: aumenta la humedad, se altera la vegetación y por tanto, aumenta las nieblas y las tormentas con riesgos para las cosechas (Figura 48).

**Proceso de <sup>e</sup>utrofización:** Producido por embalses, lagos, ciénegas, etc. La <sup>otra</sup> autofización se produce por el vertido de residuos, fertilizantes químicos, aguas negras y otros elementos que enriquecen el contenido de nutrimentos del agua. Esto produce el crecimiento extraordinario de ciertas algas microscópicas y a su vez, la aparición de estas plantas acuáticas aumenta el contenido de materia orgánica y agota el oxígeno, hasta que resulta inservible como agua potable y como medio vital de los peces y demás seres vivos.

Este proceso se produce de manera natural, pero se acelera con las diferentes formas de degradación de las aguas como consecuencia del aumento de los compuestos orgánicos contenidos en ellas. Las aguas poseen una gran capacidad de autodepuración (poder de biodegradación), pero cuando las sustancias orgánicas e inorgánicas sobrepasan ciertos límites de concentración las aguas ya no pueden regenerarse.