

ÍNDICE

<i>Prólogo</i>	13
----------------------	----

CAPÍTULO I MEDIO AMBIENTE: CONCEPTO, INTERDISCIPLINARIEDAD, ESTADO ACTUAL

1. CONCEPTO Y EXTENSIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	17
1.1. Medio ambiente físico.....	24
1.2. Ciencia y tecnología ambientales.....	25
1.3. Química e ingeniería del medio ambiente.....	27
1.4. Formación ambiental	28
2. PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES PENDIENTES	31
2.1. La explosión demográfica o superpoblación mundial	32
2.2. La necesidad creciente de alimentos	33
2.3. Contaminación atmosférica	34
2.4. Pesticidas.....	37
2.5. Metales pesados	39
2.6. Contaminación del agua.....	41
2.7. Contaminación por residuos sólidos	42
2.8. Contaminación de suelos.....	42
2.9. Aditivos alimentarios.....	45
2.10. Necesidad de nuevas fuentes de energía.....	47
2.11. Utilización creciente de productos químicos	51
2.12. A modo de resumen	52

3. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	53
4. SOLUCIÓN A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	55

CAPÍTULO II

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

LA ATMÓSFERA Y LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

1. LA ATMÓSFERA	65
1.1. Regiones de la atmósfera.....	66
1.2. Balance térmico terrestre	68
1.3. Química de la atmósfera	72
2. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	73
2.1. Clasificación general de los agentes contaminantes..	74
2.1.1. Clasificación de los contaminantes químicos..	75
2.2. Fuentes de contaminantes atmosféricos	77
2.3. Contaminantes mayoritarios y minoritarios	79
2.3.1. Monóxido de carbono	80
2.3.2. Dióxido de azufre.....	81
2.3.3. Óxidos de nitrógeno.....	84
2.3.4. Partículas en suspensión.....	86
2.3.5. Hidrocarburos.....	89
2.3.5.1. El smog fotoquímico	90
2.3.6. El plomo	94
2.4. Episodios agudos de contaminación atmosférica.....	95
3. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	100
4. SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	103

CAPÍTULO III

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA II.

DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES Y MÉTODOS DE CONTROL

1. METEOROLOGÍA Y DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES	115
2. MEDIDA DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	120

3. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	123
3.1. Métodos utilizados en el control de partículas.....	126
3.2. Métodos y equipamientos utilizados para evitar la emisión de contaminantes gaseosos a la atmósfera	132
3.2.1. Absorción.....	132
3.2.2. Adsorción.....	134
3.2.3. Condensación.....	137
3.2.4. Oxidación y reducción.....	139
3.3. Control de las emisiones procedentes del escape de los automóviles	140
3.4. Contaminación por tráfico en entornos urbanos.....	143
4. REDES DE VIGILANCIA.....	146
5. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	151
6. SOLUCIÓN A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN.....	153

CAPÍTULO IV

EL AGUA: ESTADO NATURAL. PROPIEDADES. CONTAMINANTES. ANÁLISIS

1. INTRODUCCIÓN	165
2. CICLO HIDROLÓGICO O CICLO DEL AGUA.....	169
3. COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DEL AGUA	172
4. COMPOSICIÓN Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS NATURALES	177
4.1. Residuos con requerimiento de oxígeno.....	178
4.2. Patógenos	179
4.3. Nutrientes.....	180
4.4. Salinidad	181
4.5. Metales pesados	181
4.6. Compuestos orgánicos traza.....	182
4.7. Petróleo.....	183
4.8. Sustancias radiactivas.....	184
4.9. Contaminación térmica.....	185
4.10. Sedimentos	186

5. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL PROCESO ANALÍTICO DE MUESTRAS ACUOSAS	186
5.1. Toma de muestras	187
5.2. Métodos volumétricos de análisis.....	187
5.3. Espectrofotometrías de absorción.....	188
5.4. Espectrofotometría de absorción atómica.....	190
5.5. Cromatografía líquida de alta resolución	190
6. PARÁMETROS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE UN AGUA	191
6.1. Parámetros físicos	191
6.2. Parámetros químicos	193
6.3. Parámetros microbiológicos	198
7. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	200
8. SOLUCIÓN A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	202

CAPÍTULO V TRATAMIENTO DE AGUAS Y AGUAS RESIDUALES

1. INTRODUCCIÓN	213
2. TRATAMIENTO DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO	214
2.1. Eliminación de partículas sedimentables	214
2.2. Dureza de un agua. Métodos de ablandamiento de aguas	216
2.3. Desinfección de aguas para consumo humano	220
3. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS	221
3.1. Procesos de tratamiento primario	227
3.2. Procesos de tratamiento secundario	229
3.3. Procesos de tratamiento terciario.....	237
3.4. Gestión de una planta depuradora de aguas residuales urbanas	237
3.5. Tratamientos extensivos.....	238
3.6. Tratamiento de lodos.....	242
4. TRATAMIENTO DE AGUAS PARA LA INDUSTRIA Y DE VERTIDOS INDUSTRIALES	245
4.1. Acondicionamiento del agua para uso industrial	245
4.2. Tratamiento de efluentes industriales	247

5. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	252
6. SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	255

CAPÍTULO VI

RESIDUOS URBANOS, INDUSTRIALES Y RADIATIVOS

1. LOS RESIDUOS SÓLIDOS: DEFINICIÓN, ORIGEN Y CLASIFICACIÓN..	269
1.1. Definiciones	271
1.2. Gestión de residuos.....	277
1.3. Subproducto y fin de la condición de residuo	281
1.4. Clasificación y lista europea de residuos	284
2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	286
2.1. Cantidades, composición y propiedades de los RSU	287
2.2. Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.....	289
2.2.1. Vertedero controlado	291
2.2.1.1. Requisitos de construcción	293
2.2.1.2. Explotación de vertederos.....	295
2.2.2. Tratamientos térmicos de Residuos Sólidos Urbanos.....	302
2.2.3. Separación y recuperación de las fracciones para su aprovechamiento o reciclado.....	305
2.2.4. Biogás de vertedero	312
2.3. Coste de la gestión de los RSU	314
3. RESIDUOS TÓXICOS Y PELIGROSOS	315
3.1. Definición y clasificación de un RTP.....	315
3.2. Métodos de gestión de los residuos tóxicos y peligrosos.....	317
3.2.1. Depósitos de seguridad.....	317
3.2.2. Tratamientos de los RTP	319
3.3. Gestión de los residuos industriales en España	321
4. RESIDUOS RADIATIVOS	322
4.1. Disposición final de los residuos radiactivos.....	326

5. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	329
6. SOLUCIÓN A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	331

CAPÍTULO VII CONTAMINACIÓN POR AGENTES FÍSICOS

1. CONTAMINACIÓN SONORA.....	343
1.1. Introducción	343
1.2. Características físicas del sonido.....	344
1.3. Fisiología de la audición	351
1.4. Evaluación del nivel del ruido. Legislación.....	353
1.4.1. Ambientes laborales.....	354
1.4.2. Ambientes no laborales.....	355
1.5. Prevención y protección frente a la exposición al ruido	357
2. CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	358
2.1. Introducción	358
2.2. Radiaciones ionizantes	360
2.2.1. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes	362
2.2.2. Tipos de riesgos de exposición a radiaciones ionizantes	364
2.2.3. Magnitudes y unidades.....	364
2.2.4. Límites máximos permisibles.....	365
2.2.5. Medidas preventivas	366
2.2.6. Medida de la dosis de radiación.....	368
2.2.7. Plan de emergencia.....	368
2.3. Radiaciones no ionizantes	369
2.3.1. Radiación ultravioleta (UV).....	369
2.3.2. Radiación visible.....	370
2.3.3. Radiación infrarroja (IR)	370
2.3.4. Evaluación de riesgos por exposición a ra- diaciones ópticas y medidas de prevención y protección	371
2.4. Microondas (MW)	372

2.5. Campos electromagnéticos (CEM).....	372
2.6. Radiaciones láser	376
3. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	378
4. SOLUCIÓN A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	380

CAPÍTULO VIII GESTIÓN AMBIENTAL

1. SISTEMAS DE GESTIÓN	387
1.1. Introducción	387
1.2. Antecedentes de los sistemas de gestión.....	388
1.3. Ejemplos de aplicación.....	390
2. SISTEMAS DE GESTIÓN SEGÚN ISO 14000	391
3. SISTEMAS EMAS	395
4. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA	399
5. HUELLA DE CARBONO	401
6. OTRAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN	404
6.1. Autorización Ambiental Integrada (AAI)	404
6.2. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).....	405
6.3. Planes de calidad ambiental.....	405
7. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	407
8. SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	408

CAPÍTULO IX EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN	415
1.1. La evaluación del impacto ambiental y el desarrollo sostenible	417
1.2. Significado del término impacto ambiental.....	417
1.3. Otras definiciones relacionadas con la evaluación del impacto ambiental	419

1.4. Conceptos técnicos que aparecen el Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE de 30 de junio de 1986) .	420
1.5. ¿Qué es la Evaluación de Impacto Ambiental?	421
2. MARCO LEGAL DE LA EIA	422
2.1. Antecedentes	423
2.2. Legislación nacional	425
2.2.1. Procedimiento administrativo	426
3. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL	427
3.1. Elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental ...	428
3.1.1. Descripción del proyecto.....	429
3.1.2. Análisis de alternativas y justificación de la solución adoptada	430
3.1.3. Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales clave	430
3.1.4. Identificación y valoración de impactos	431
3.1.5. Establecimiento de medidas correctoras o protectoras	433
3.1.6. Plan de seguimiento y control ambiental	434
3.1.7. Documento de síntesis.....	434
4. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA.....	434
5. EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	436
6. SOLUCIÓN A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN	437
 ANEXOS	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	441
UNIDADES Y FACTORES DE CONVERSIÓN	453
BIBLIOGRAFÍA	459
LEGISLACIÓN AMBIENTAL	463

1. Concepto y extensión del medio ambiente

Puesto que las páginas que siguen se van a ocupar del estudio de la contaminación ambiental y los medios para corregirla, parece adecuado comenzar ocupándonos de lo que significa y abarca el término medio ambiente.

Se entiende por medio ambiente un complejo entramado de relaciones entre factores físicos, biofísicos, sociales y culturales en el que ocurren las relaciones que conlleva la actividad humana y social. Los factores físicos se refieren a todo lo inerte presente en el planeta, los biofísicos abarcan todos los seres vivos, lo social se refiere a las estructuras organizativas de las especies, y lo cultural engloba finalmente todo lo hecho por el hombre. Podríamos por tanto resumir diciendo que el medio ambiente es el entorno en el que el hombre desenvuelve su vida, por lo que nada es absolutamente extraño al concepto de medio ambiente.

Debido a su amplitud, el medio ambiente es una de las unidades de estudio más complejas que el hombre se puede plantear, ya que al abarcar los tres niveles epistemológicos conocidos, inerte, biofísico y comportamental, necesita del concurso de todas las ciencias y disciplinas existentes para su estudio.

Una característica que conviene resaltar del concepto de medio ambiente es la de su globalidad. Existe, efectivamente, un único medio ambiente, pero esto no está reñido con que puedan considerarse ambientes específicos relacionados entre sí y con el todo global como consecuencia de las interrelaciones que, como ya hemos dicho, existen entre todos los integrantes del ambiente total.

Quizás una aproximación más sencilla al concepto de medio ambiente la podamos obtener a través de nuestra Constitución. El artículo 45 de nuestra Carta Magna incluido en el Título I «De los Derechos y Deberes

Fundamentales» capítulo III «De los principios rectores de la política social y económica», dice así:

1. Todos tienen el derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.
2. Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.
3. Para quienes violen lo dispuesto en el apartado anterior, en los términos que la ley fije, se establecerán sanciones penales o, en su caso, administrativas, así como la obligación de reparar el daño causado.

¿Qué entiende, por tanto, la Constitución española por medio ambiente? Según el primer párrafo se trataría del objeto de un derecho y un deber de todos, que abarcaría cuanto sirva para el desarrollo de la persona tanto mediata como inmediatamente.

Una vez considerado el segundo párrafo, nos quedaría que el medio ambiente es una realidad a defender y a restaurar de la que tenemos el derecho a disfrutar y el deber de conservar —correspondiendo a los poderes públicos su defensa y restauración—, que tiene sentido en función del desarrollo de la persona y de la protección y mejora de la calidad de vida, y que posee un marcado contenido económico que se concreta en la utilización racional de todos los recursos naturales. Por último, al considerar los párrafos segundo y tercero, resulta que corresponde a los poderes públicos imponer sanciones penales o administrativas a quienes violen lo expuesto en el apartado dos.

Además, del artículo de la Constitución comentado, se infiere una preocupación de todas las fuerzas sociales de nuestro país por el medio ambiente, hecho que es extrapolable, con matices, a todos los países del planeta. Baste como ejemplo el artículo 130 R del Acta Única de la UE que indica que «la acción de la Comunidad tendrá por objeto:

- Conservar, proteger y mejorar la calidad de vida.
- Contribuir a la protección de la salud de las personas.
- Garantizar una prudente y racional utilización de los recursos naturales».

La preocupación medioambiental a la que nos hemos referido se ha puesto también de manifiesto en diversos informes y reuniones. Refirámonos brevemente a los más importantes.

El Informe 72 del MIT (Massachusetts Institute of Technology) al Club de Roma titulado *Los límites del crecimiento*, basado en la dinámica de sistemas estableció interrelaciones a lo largo del tiempo entre las cinco grandes variables: número de habitantes, contaminación ambiental, reservas de materias primas, producción industrial y necesidades de alimentos, además de algunos otros supuestos igualmente razonados sobre el previsible crecimiento, resultando que en muy pocos decenios, antes del 2100 en cualquier caso, tendría lugar una crisis mundial caracterizada por una carencia de materias primas y alimentos, y un nivel de contaminación tan elevado, que daría lugar a un colapso planetario.

La opinión pública se dividió respecto a las previsiones del informe. Aparecieron voces que criticaban el pesimismo del Club de Roma —hoy en día nadie duda de su carácter pesimista—, pero muchas más admitieron que la situación era delicada y que la única manera de evitar la catástrofe pronosticada en el mismo era modificar nuestras formas de pensar y de actuar con objeto de preservar la calidad actual de nuestro entorno, ya que el ser humano ha perturbado el equilibrio ecológico general habiendo llegado a rebasar, en determinadas regiones, la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza.

El informe tuvo una influencia notable sobre la Conferencia de Naciones Unidas para el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo en ese mismo año 1972 en la que, entre otras cosas, se llegó al convencimiento de que resultaba dudoso admitir que la Tierra pudiera soportar que los países menos desarrollados alcancen el grado de desarrollo que hoy presentan los países más industrializados utilizando los mismos métodos que estos últimos han empleado para alcanzar su actual nivel de bienestar. Los sistemas naturales están al límite de su capacidad de autorregeneración como consecuencia de una población creciente que cada vez produce y consume más.

Los mismos autores de *Los límites del crecimiento* publicaron 20 años después una revisión del mismo titulado *Más allá de los límites: Frente al colapso global, un futuro sostenible* en el que hacen propuestas sobre los cambios que se han de producir en los comportamientos individuales y sociales para que sea posible un futuro sostenible. Muchas de las propuestas consideradas en este informe fueron admitidas por los participantes en «la Cumbre de la Tierra» celebrada en Río de Janeiro, en junio de 1992, en la que representantes de 175 países intentaron poner coto al actual deterioro ecológico de nuestro planeta mediante la firma de una serie de compromisos como la Agenda 21, el Tratado de Biodiversidad, el de los Cambios Climáticos, la Declaración de los Bosques y la Declaración de Río, que es de esperar produzcan a medio plazo los resultados

que todos esperamos y la Tierra necesita. En la Tabla 1.1 se presentan los 27 Principios de la Declaración de Río:

TABLA 1.1. Los 27 Principios de la Declaración de Río

1. Los seres humanos tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza.
2. Todos los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos y la obligación de no atentar contra el medio ambiente de países vecinos.
3. El derecho al desarrollo debe tener en cuenta el medio ambiente y las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
4. La protección del medio ambiente debe ser parte integrante de los procesos de desarrollo, y no puede ser considerada aisladamente.
5. Los estados y los pueblos deben cooperar con la pobreza, condición indispensable del desarrollo sostenido.
6. Las medidas medioambientales y de desarrollo que adopten los países en vías de desarrollo deben tener en cuenta los intereses y las necesidades de todos los Estados.
7. Los países desarrollados deben reconocer su responsabilidad en la búsqueda internacional del desarrollo sostenido, debido a «las presiones que sus sociedades ejercer en el medio ambiente».
8. Los Estados deben reducir y eliminar los modos de producción y de consumo nocivos para el medio ambiente y promover políticas demográficas.
9. La cooperación científica y tecnológica debe facilitar la adopción, difusión y transferencia de tecnologías nuevas.
10. La información constituye la mejor forma de tratar los problemas ambientales.
11. Cada país debe promulgar medidas legislativas eficaces. Pero las normas internacionales no pueden imponer un coste económico social injustificado, sobre todo a los países en desarrollo.
12. Las Medidas contra los problemas ecológicos transnacionales o mundiales deben acordarse con un consenso internacional.
13. Debe instaurarse un derecho internacional sobre la responsabilidad y la indemnización de los daños causados al medio ambiente.
14. Se prohíbe exportar de un país a otro cualquier actividad o sustancia que degrade el medio ambiente o sea nociva para la salud.
15. La ausencia de una certeza científica no debe servir como pretexto para aplazar la adopción de medidas efectivas para prevenir la degradación del entorno.
- 16 y 17. Estabilizar la contaminación a nivel internacional. Deben realizarse estudios sobre el impacto ambiental antes de implantar nuevas actividades que puedan provocar efectos nocivos importantes.
- 18 y 19. Los Estados deben notificar rápidamente cualquier catástrofe natural o situación de emergencia susceptible de dañar el medio ambiente, y en este caso la solidaridad internacional debe entrar en juego.

(cont.)

- 20, 21 y 22.** Las mujeres, los jóvenes, las comunidades autóctonas y otros colectivos locales juegan un importante papel en la protección del medio ambiente y tienen una función vital en el desarrollo sostenido.
- 23.** La protección del medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos sometidos a opresión, dominación y ocupación, no sufrirán menoscabo.
- 24.** Los Estados protegerán el medio ambiente en tiempo de conflicto armado y participarán en la defensa medioambiental.
- 25.** La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e indisolubles.
- 26.** Todas las diferencias medioambientales deben resolverse pacíficamente de acuerdo con la Carta de la ONU.
- 27.** Los Estados y los pueblos deben cooperar de buena fe y con un espíritu de solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en la presente declaración y al desarrollo del derecho internacional de conseguir un desarrollo sostenido.

Entre ambos Informes han aparecido otros dos muy significativos, *El Informe Global 2000* que se preparó a principios de los 80 a propuesta del entonces Presidente de los Estados Unidos Jimmy Carter, y el *Informe Brundtland* publicado en 1987 en el que se examinan los problemas más críticos del medio ambiente y el desarrollo en el planeta, y se formulan propuestas realistas para resolverlos y asegurar que el progreso humano se mantenga a través del desarrollo sin arruinar los recursos de las generaciones futuras. Consideremos brevemente el último informe por ser sin duda uno de los documentos más significativos a nivel medioambiental elaborados hasta el momento.

Ante la evidencia de la degradación de la naturaleza, en especial en los países en desarrollo, el Gobierno de Noruega, consciente de la amenaza que para el mantenimiento de la vida en la tierra representaba tal degradación, propuso en 1984 a las Naciones Unidas la creación de una comisión para estudiar la situación del medio ambiente a escala mundial, y de aquella iniciativa nació la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Dicha Comisión, después de 3 años de intensos trabajos publicó en 1987 el informe *Nuestro Futuro Común* conocido como *Informe Brundtland* por haber sido la presidenta de la comisión elaboradora del mismo la Sra. Brundtland, entonces jefa de la oposición noruega y luego presidenta de dicho Gobierno en 1985.

El *Informe Brundtland* acuñó definitivamente el término desarrollo duradero o sostenible (en castellano sería más adecuado sustentable) para referirse a un tipo de desarrollo «capaz de satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer las suyas». Sin embargo, conviene señalar que el término desarrollo sostenible fue primeramente utilizado en el informe *Estrategia para la conservación mundial* que publicó en 1980 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Según este informe por desarrollo sostenible se entiende un tipo de desarrollo económico en el que los aspectos cualitativos priman sobre los cuantitativos y los aspectos medioambientales ocupan un lugar preferente.

Sin intentar resumir aquí un informe tan importante como el informe Brundtland, si conviene indicar que las dos ideas alrededor de las cuales gira su contenido son de una parte que debemos ser capaces de satisfacer las necesidades básicas de todos los humanos, lo que significa dar prioridad a las necesidades de los más pobres, y de otra, que el desarrollo sostenible es posible si se contempla como un proceso de cambio de actitudes que es función en cada momento de la tecnología disponible y la organización social imperante, combinados con su impacto sobre los recursos medioambientales. Se trata por tanto de un informe razonablemente optimista que requiere para llevarlo a la práctica de una visión de futuro acertada y de una considerable cantidad de recursos económicos.

A partir del informe Brundtland la definición de desarrollo sostenible ha sido adaptada a múltiples situaciones concretas ya que parece lógico que un modelo europeo de desarrollo sostenible no tenga que ser idéntico al aplicable en otras partes del mundo con características sociales diferentes a las que a la sociedad europea le son propias. En concreto, en la Comunidad Europea se trabaja con una definición de desarrollo sostenible que significa «maximizar los beneficios netos del desarrollo económico sin que varíen en el tiempo los servicios y la calidad del capital natural». La Sra. Thatcher en un discurso pronunciado en 1988 se refirió al desarrollo sostenible de una manera mucho más inteligible diciendo que «la tierra no puede ser el feudo de ninguna generación, lo único que tenemos es un arrendamiento de por vida con la obligación de mantenerla en perfecto estado».

Resulta obvio que los países ricos, cuyas poblaciones han dejado de crecer y tienen unos estándares de vida suficientemente altos, tengan más fácil llevar a la práctica un desarrollo sostenible que los países pobres. Si nos referimos a la Comunidad Europea, donde la población dentro de 30 o 40 años será similar a la actual, el concepto de desarrollo sostenible puede resultar adecuado, pero si lo aplicamos a naciones afri-

canas o asiáticas que van a triplicar su población en igual lapso de tiempo, mejorando además su nivel de vida, difícilmente lo podrán conseguir en el marco de un desarrollo sostenible.

Posteriormente a la cumbre de Río de Janeiro ha seguido la de Johannesburgo en 2002 con el objetivo de focalizar la atención del mundo en la solución de problemas tales como la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos y la conservación de los recursos naturales en un escenario en el que el aumento de la población implica la necesidad de más alimentos, agua, viviendas, energía, saneamientos y puestos de trabajo. También ha servido dicha cumbre para que los dirigentes mundiales pasen revista a lo conseguido respecto a la ejecución de la Agenda 21 de la Cumbre de Río de Janeiro, y para proponer políticas que activen los aspectos que menos han avanzado desde entonces.

Como continuidad a las cumbres referidas sobre medio ambiente, clima y desarrollo, la ONU aprobó, en 2015, la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, que debería entenderse como una oportunidad de mejora en la vida de todos.

Esta Agenda 30 se basa en diecisiete objetivos de desarrollo sostenible (ODS), de diferente tipología, que se recogen a continuación:

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y bienestar
4. Educación de calidad
5. Igualdad de género
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsables
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestres
16. Paz, justicia e instituciones sólidas
17. Alianzas para lograr los objetivos

Estos objetivos tienen como precedente los de Desarrollo del Milenio y pretenden completarlos y concluir lo no alcanzado por ellos. Desde la óptica jurídica no son de obligado cumplimiento aunque se recomienda a los gobiernos de los diferentes países que desarrollen normativas que favorezcan su consecución y elaboren planes para su seguimiento de cara a conocer los logros de los mismos y propiciar su comparativa con otros países.

Los objetivos citados tratan sobre necesidades sociales de educación, salud y empleo, sobre cómo combatirlas y las pautas para alcanzarlas siempre en defensa de un medio ambiente que garantice el bienestar social y un desarrollo económico apropiado que favorezca el alcance de dichos objetivos.

1.1. Medio ambiente físico

El medio ambiente natural o medio físico abarca la atmósfera, hidrosfera y litosfera en las cuales están contenidos todos los recursos necesarios para el mantenimiento de la vida.

La biosfera es una estrecha franja que rodea la superficie terrestre, en la que se desarrollan todas las formas de vida, incluido el hombre. Todos los materiales gaseosos, líquidos y sólidos necesarios para el sostenimiento de la vida —aire, alimentos y agua— provienen de la biosfera, y así mismo todos los desechos en forma gaseosa, líquida o sólida van a parar a la biosfera.

Hasta tiempos recientes, la biosfera ha recibido y asimilado los desechos generados por el hombre, los animales y las plantas, pero hoy existe el convencimiento de que la capacidad de asimilación de la biosfera, aunque tremenda, no es infinita, y el sistema, que ha operado durante millones de años perfectamente, comienza a presentar síntomas de agotamiento debidos fundamentalmente al impacto del hombre sobre el medio ambiente.

No es extraño por tanto que la administración responsable, reflexiva e inteligente de la Tierra, constituya uno de los grandes retos que tiene planteados la humanidad en los albores del siglo XXI.

Pero no debemos considerar solamente el impacto del ser humano sobre el medio ambiente, también es muy importante el impacto del medio ambiente sobre el hombre. Efectivamente, determinados contaminantes del aire, agua, y suelo, pueden causarle enfermedades e incluso la muerte. Quizás hayan sido los efectos perjudiciales de la contaminación del aire los más difíciles de evidenciar de manera concluyente,

pero varios episodios agudos de contaminación atmosférica han puesto de manifiesto en las últimas décadas que la calidad del aire se puede deteriorar lo suficiente como para constituir un riesgo cierto para la salud humana.

Por lo que respecta al agua, desde hace mucho tiempo se conoce que constituye uno de los vectores más importantes para la transmisión de numerosas enfermedades no solamente por los contaminantes químicos o patógenos que pueda contener, sino también porque a través de la cadena alimentaria se pueden bioacumular determinados contaminantes.

1.2. Ciencia y tecnología ambientales

En los últimos siglos el hombre ha venido dividiendo el conocimiento en sectores o parcelas que ha denominado ciencias o disciplinas, justificando este modo de proceder por la necesidad de profundizar en aspectos concretos del conocimiento, del que surgen las especialidades —profundos conocimientos, escasa cobertura— o divisiones de la Ciencia.

Sin embargo, el parcelamiento de la ciencia que ha conducido a los más grandes logros y adelantos científicos, ha hecho que el hombre pierda la visión de conjunto de los fenómenos ligados a su existencia, lo que se traduce a veces, en que cada disciplina o ciencia investiga, proyecta, y ejecuta planes inconexos, como si se tratase de problemas totalmente diferentes y específicos de cada una de ellas.

Hoy en día, la naturaleza interdisciplinar de la ciencia, y la importancia de unificar una serie de principios válidos para el conjunto de la misma, está fuera de toda duda, y precisamente éste es el caso de la ciencia del medio ambiente.

Ante una evidente imposibilidad de las diferentes ciencias para enfrentarse por separado con la situación planteada por el creciente deterioro ambiental, surge una nueva visión del problema en forma de disciplina capaz de ocuparse de las interacciones del hombre con su ambiente de forma integral y globalista que no es más que la forma en que aborda el estudio del medio ambiente la ciencia que se conoce como ciencia del medio ambiente, y que, como hemos dicho, se ocupa del estudio de nuestro entorno y de sus interacciones con el hombre. Conocer los procesos medioambientales y la influencia que el hombre ejerce sobre ellos, requiere del conocimiento de varias de las ciencias naturales. Lógicamente la Química, la Física y la Biología son disciplinas básicas

para entender los procesos a los que nos estamos refiriendo. Sin embargo, otras como la Geología, la Meteorología, etc. ocupan también un lugar importante.

No son sólo las ciencias naturales las que tienen que ver con la ciencia del medio ambiente. Decisiones políticas, legislativas y condiciones sociales, influyen de forma considerable sobre el impacto que el hombre ejerce sobre su entorno, por lo que también las Ciencias Políticas, el Derecho y la Sociología son ramas de la ciencia que es necesario tener en cuenta cuando nos ocupemos del estudio de la ciencia del medio ambiente.

Precisamente por tratarse de una ciencia multidisciplinar es por lo que la ciencia del medio ambiente resulta difícil de estructurar para ser impartida en un curso universitario, ya que el profesor de la misma no puede ser experto en todas las materias que configuran el amplio abanico de disciplinas que se debería conocer para plantear, interpretar y resolver cualquier problema de índole medioambiental.

Por lo que se refiere a la tecnología ambiental hay que decir que se ocupa de la aplicación de la tecnología a la resolución de los problemas medioambientales que surgen del propio desarrollo tecnológico.

Ciencia y tecnología ambientales están totalmente relacionadas, ya que para solucionar un problema de índole ambiental necesitaremos primeramente un conocimiento profundo del mismo, que es, como hemos dicho, objeto de la ciencia del medio ambiente, para después, y como consecuencia del conocimiento anterior, aplicar la tecnología más adecuada para su resolución. De esta forma, ciencia y tecnología ambientales conjuntamente, tratarán de disminuir el impacto que de la actividad humana se derive para nuestro entorno.

Además, si en algún caso no fuera suficiente para resolver un determinado problema con la aplicación de la mejor tecnología correctora disponible, se deberá recurrir a la legislación ambiental. No debemos olvidar en relación a este tema, que la actividad humana es ya hoy capaz de afectar a las condiciones básicas de supervivencia de nuestro planeta, por lo que debemos estar dispuestos a afrontar transformaciones sociales de importancia, si con la aplicación de la tecnología no fuera suficiente para conseguir unos parámetros de calidad ambiental compatibles con un desarrollo equilibrado de la humanidad.

1.3. Química e ingeniería del medio ambiente

Vamos, ahora, a precisar los contenidos de la química y la Ingeniería ambientales.

La primera cuestión que se nos presenta al estudiar la química del medio ambiente es la de su definición, que por cierto no resulta fácil sobre todo si tenemos en cuenta la cantidad de contenidos diferentes que abarca. De forma muy simple podemos decir que la química medioambiental es «aquella parte de la química que se ocupa de los fenómenos químicos que ocurren en el medio ambiente», y si queremos ser más precisos, la definiremos como «aquella parte de la química que estudia los orígenes, transporte, destino, reacciones y efectos de las especies químicas presentes en el aire, agua y suelo, así como la influencia que la actividad humana juega sobre dichos procesos». Hay que resaltar que la química medioambiental se ocupa de sistemas naturales, y por tanto difíciles de definir, por lo que su estudio resulta más complejo que el de la química tradicional.

Una de las misiones más importantes que la química medioambiental tiene encomendadas es la determinación de la naturaleza y cantidad de los diferentes contaminantes presentes en una muestra ambiental. Por tanto, el análisis químico es siempre un primer paso en cualquier investigación sobre química del medio ambiente. Sin embargo, como podemos imaginar, química ambiental no es lo mismo que química analítica, ya que la química ambiental no termina cuando se conocen los resultados analíticos, sino que continúa tratando de encontrar soluciones al problema medioambiental en estudio mediante la explicación de la naturaleza, reacciones, y transporte de la diferentes especies químicas presentes en el medio de donde obtuvimos la muestra analizada, así como mediante las medidas correctoras de carácter químico que sean de aplicación.

Por su parte la Ingeniería Ambiental, según la División de Ingeniería Ambiental de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, en inglés), tiene que ver con la solución de los problemas de sanidad medioambiental, especialmente con la provisión de aguas potables; la adecuada disposición o reciclado de las aguas residuales y de los residuos sólidos, así como del saneamiento necesario para ello; el control de la contaminación atmosférica, acuosa y del suelo, y el impacto social y ambiental de las soluciones para conseguirlo. Además, también abarca todo lo relacionado con los problemas de ingeniería en el campo de la salud pública, la eliminación de los riesgos laborales para la salud, la provisión de un adecuado entorno en áreas urbanas, rurales y de recreo, y con los efectos de los avances tecnológicos sobre el medioambiente.

1.4. Formación ambiental

La formación ambiental, como expresión de la metodología que la ciencia y tecnología ambientales deben utilizar para interpretar de forma sistemática los hechos concretos referentes a nuestro entorno, presenta una serie de características que podemos resumir de la siguiente forma:

- ❑ Supone un aprendizaje continuo, que dura lo que la vida del individuo.
- ❑ Debe tener como objetivo básico la preservación del medio ambiente.
- ❑ Incluye a todos los miembros de la sociedad ya que cuantos más individuos preparados existan mayor seguridad tendremos acerca de las medidas medioambientales que se tomen.
- ❑ Constituye una formación que evolucionará de acuerdo con las modificaciones impuestas por los nuevos conocimientos.
- ❑ Como ya ha quedado indicado, se trata de una formación interdisciplinar que engloba investigación, docencia y divulgación.

Las características comentadas sobre la formación ambiental, como es lógico, presentarán matices diferentes dependiendo del nivel educativo que se considere, debiendo ser en todos ellos las personas más capacitadas las que se ocupen de las enseñanzas medioambientales que de esta forma irán adquiriendo más importancia y consideración.

Independientemente del nivel educativo en el que se deba formar sobre medio ambiente deberían fijarse como objetivos básicos:

- ❑ Facilitar la comprensión de la ineludible interdependencia entre sociología, ecología, derecho, ingeniería y economía, de cara a conseguir el necesario desarrollo, sin menoscabo de la obligada seguridad laboral, social y ambiental.
- ❑ Conseguir que todos los ciudadanos puedan formarse en valores y actitudes de forma que se despierte en ellos un interés activo y un espíritu crítico que mejore su aptitud en la defensa y mejora del medio ambiente.
- ❑ Incorporar, en todos los ámbitos del quehacer diario, nuevas pautas de conducta ambientales que vayan conformando personalidades comprometidas con la protección ambiental y que esto se generalice en el conjunto de la sociedad.

Hoy los problemas ambientales dejan de tener sentido local al extenderse a todas nuestras actividades y en todos los aspectos y territo-

rios. Como ejemplo de ello, y a nivel prácticamente mundial, se han desarrollado nuevas normativas articulando obligaciones y derechos sobre aspectos difíciles de considerar años atrás. En concreto, la ley sobre patrimonio natural y biodiversidad, en nuestro país, incorpora estos aspectos al fijar como su objeto fundamental mejorar la gestión de los espacios protegidos y, en particular, de los incluidos en la Red Natura 2000, para garantizar su mejor protección y adecuación a los fines para los que han sido declarados, a la vez que se obliga a incorporar información ambiental en los registros de la propiedad y en los catastros inmobiliarios. Constituye, un principio inspirador de esta ley, el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales básicos, respaldando los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano.

Constituye una necesidad de primer orden fijar bien los objetivos de la metodología a desarrollar para la potenciación de la educación ambiental y para fomentar la responsabilidad, solidaridad y equiparabilidad entre personas, grupos, regiones y países para alcanzar el fin deseado de protección del medio ambiente junto a las mejoras de vida y sociales de las nuevas generaciones.

Esta necesidad manifestada de formación ambiental es a nivel mundial, como refleja que Naciones Unidas ya declararan los años 2005/14 como la *década de la «Educación para el Desarrollo Sostenible»* y encargasen a la UNESCO su ejecución y desarrollo, mediante la elaboración de documentos que reafirmasen que la creación de un espíritu libre y comprometido con el medio ambiente y el desarrollo sostenible depende en gran medida de la educación. Esto se ha trasladado a todos los niveles educativos, de forma que ya en el currículo educativo de nuestra LOMCE, se aprecia una educación en materia de medio ambiente integrada en muchas de las áreas sobre ciencias o valores, como las Agendas 21 escolares o municipales y en proyectos de institutos o centros de educación ambiental que preparan y coordinan actividades para ellos.

Esta necesidad de formación es más necesaria si tenemos en cuenta que, como se denuncia en distintos documentos, hasta ahora, en la educación general e incluso en la especializada se hace poco hincapié o ninguno sobre el deterioro del medio ambiente por la acción del hombre y sobre la imperiosa necesidad de avanzar de forma respetuosa con nuestro entorno.

Muestra de que esto está cambiando es que en el presente año algunas comunidades autónomas, además de seguir apoyando las Agendas 21 citadas, han elaborado planes de formación ambiental, financiadas

con cargo a fondos europeos, con el objetivo de «fomentar la capacitación ambiental en la gestión del patrimonio natural y la promoción de la sostenibilidad, favoreciendo la mejora de la cualificación profesional de las personas que desarrollan su labor en los distintos ámbitos profesionales vinculados al medio ambiente, así como el fomento de nuevos yacimientos de empleo verde».

Estos planes de formación ambiental suelen estructurarse principalmente en tres líneas de acción en 2018:

- ☐ Gestión de espacios naturales y conservación de la biodiversidad
- ☐ Sostenibilidad urbana y cambio climático
- ☐ Formación para profesionales de la educación ambiental

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) es el portavoz del medio ambiente dentro del sistema de las Naciones Unidas, actuando como catalizador, promotor, educador y facilitador para promover el uso racional de materiales y energía para el desarrollo sostenible en la protección del medio ambiente mundial.

La labor del PNUMA se extiende en la aplicación del derecho ambiental, en evaluar las tendencias ambientales a nivel regional, nacional e internacional, a la vez que elabora documentos y apoya a las instituciones de gestión racional del medio ambiente, facilitando la creación y mantenimiento de plataformas intergubernamentales que tienen por objeto hacer frente a los problemas ambientales mundiales. Así quedó de manifiesto, entre otros, en el Cuarto Programa de Montevideo sobre derecho ambiental, aprobado en 2009, que conforma una estrategia jurídica que debe llegar hasta 2020. Tres años después durante el Primer Congreso Mundial sobre «Derecho para la Sostenibilidad Ambiental», los Estados Miembros exhortaron al PNUMA a que dirigiese el sistema de las Naciones Unidas y prestase apoyo a los gobiernos nacionales en la elaboración y aplicación del estado de derecho del medio ambiente. Todo ello encaminado al desarrollo y mejora del estado de derecho ambiental, la protección de los derechos humanos, la lucha contra los delitos sobre el medio ambiente y el mejoramiento del acceso a la justicia en cuestiones ambientales.

En concreto se asigna al PNUMA: «Ser la máxima autoridad mundial sobre el medio ambiente que establece una agenda, que promueve una implementación coherente de las dimensiones medio ambientales del desarrollo sostenible dentro del sistema de Naciones Unidas y que sirve como un defensor autorizado del medio ambiente mundial»