ASPECTOS DE LA DEGRADACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: SU INFLUENCIA EN EL CLIMA

José Amestoy Alonso
UNED. Cartagena (Murcia)

BIBLID [0213-1781 (2001); 34: 17-49]

RESUMEN

La degradación del medio ambiente es un hecho que está cobrando en la actualidad un interés inusitado.

Instituciones, organismos, ecologistas, organizaciones no gubernamentales, comunidad de científicos, etc., estudian con detenimiento las causas y las soluciones de la degradación de los bosques tropicales, praderas, estepas, sabanas, así como la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera y el calentamiento global, analizando las consecuencias en el ámbito humano, político, económico y climático.

La erosión de los suelos y la desertificación en el mundo, y en particular en las áreas áridas, es un problema que está alcanzando una gran magnitud.

La contaminación atmosférica, junto con la cada vez mayor quema de combustibles fósiles, provoca lluvias ácidas, agujeros en la capa de ozono, efecto invernadero, elevación de la temperatura global, etc.

Palabras clave: Degradación, erosión, combustibles fósiles, capa de ozono, efecto invernadero.

ABSTRACT

Environmental degradation is fact which has recently arisen an unprecedented interest.

Institutions, organizations, environmentalists, non-governmental organizations, scientists, etc., are studying in depth the causes of and solutions to the degradation of rain forests, prairies, steppes, savannahs, as well as the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere and global warming, analysing the consequences at a human, political, economic and climatic level.

Soil erosion and lands turning into desserts especially in dry areas is a problem of a great magnitude.

Air pollution due to the greater use of fossil fuels produces acid rain, ozone layer depletion, greenhouse effect, the rise of global temperatures, etc.

Key words: Degradation, erosion, fossil fuels, ozone layer, greenhouse effect.

Fecha de recepción: 3 de julio de 2001. Fecha de aceptación: 9 de octubre de 2001.

* Centro Regional de la UNED. Cartagena. C/ Ingeniero de la Cierva, s/n. 30203 CARTAGENA Murcia (España).

PLANTEAMIENTO

Tanto la presión demográfica como las prácticas de cultivo sin consideración por la naturaleza son los principales agentes de la desertificación. En los años setenta se denunciaba que, mientras que en todo el mundo se cultivaban de 13 a 14 millones de Km^2 se estimaba que por lo menos 10 millones de Km^2 habían sido ya en algún grado esterilizados por el hombre. Debemos recordar que «el desierto del Sahara se extiende hacia el Sur, tragándose praderas degradadas a un ritmo de 50 Km. al año» (Hall, & Scurlock, 1991). En este sentido, una grave sequía ocurrida entre 1973 y 1975 atrajo por primera vez la atención mundial sobre la región subsahariana del Sahel en África; en ella, el modo de vida de muchos pastores nómadas está amenazado por el aumento de la población, el exceso de ganado pastando y la conversión de tierras semiáridas en campos de cultivo, conducen inexorablemente a la desertificación de una gran parte de las praderas del Sahel.

Si bien los datos son contradictorios, según los métodos empleados por los distintos Programas, la Dirección General de Medio Ambiente del año 1982, estimaba que la pérdida de suelo español anual era de 1.000.000 de Toneladas métricas aproximadamente y que la superficie afectada por una erosión acusada era de 5.000.000 de hectáreas; por regiones se estima que registran erosiones graves, por encima de la media nacional, las Comunidades Autónomas de clima mediterráneo menos Cataluña, es decir, Levante, Murcia, Andalucía, y las mediterráneo-continentales, como Castilla-La Mancha, Madrid, Extremadura y Aragón. En el Mapa de Desertificación Mundial, España figura como la única nación europea que presenta peligro de desertificación para más de la mitad de su territorio y con peligro muy grave una décima parte (Bielza, 1989).

De acuerdo con los datos suministrados por López Bermúdez y Albadalejo (1990), unos 27 millones de ha (53 % del territorio español) sufren pérdidas de suelo que pueden calificarse de importantes a alarmantes. Tasas de erosión, por encima de la media española, se registran en Murcia y Andalucía. También en Aragón, País Valenciano y en la meseta meridional existen comarcas con altas pérdidas de suelo (Mateu Bellés, 1993). Estimaciones del ICONA cifran el grado de erosión en tantos por ciento en Murcia, sobre el total de la superficie provincial en hectáreas, de grave en un 47,7 %, moderada el 21,7 %, leve el 7,0 % e inapreciable el 23, 6 %; según la misma fuente el grado de erosión en tantos por ciento en España, sobre el total de la superficie nacional en hectáreas, se estima grave en un 25,8 %, moderado en un 27,6 %, leve en un 10,8 % e inapreciable en un 35,8 %.

El cambio climático es uno de los desafíos graves con que se enfrenta la Humanidad. Todos los años asistimos a noticias escalofriantes sobre graves inundaciones o sequías persistentes en zonas del planeta y temperaturas o precipitaciones que no corresponden demasiado a las estaciones del año en que estamos, en España. Las consecuencias geográficas para la vida cotidiana son muy importantes, por lo que tenemos que tomar conciencia del problema.

La degradación, por su parte, hace referencia al empobrecimiento cuantitativo y cualitativo de cualquier conjunto: biológico, del suelo, urbanístico, ambiental, etc. En este caso es especial la actuación antrópica, aunque también puede producirse por causas naturales, como ocurre a partir de erupciones volcánicas, incendios naturales, etc. (Aguilera Arilla et al., 1991).

En este estudio, y desde un punto de vista geográfico, analizaremos por la importancia que tiene la degradación del bosque tropical, las praderas, llanuras, estepas y sabanas, la degradación de los suelos, la erosión, la desertificación, la contaminación atmosférica y sus repercusiones (lluvia ácida, capa de ozono, efecto invernadero) en el calentamiento global de la atmósfera; a la vez tratamos de insertar la degradación ambiental en el contexto climático; analizamos las posibles causas que originan tal degradación, los impactos que generan, los organismos y proyectos que lo estudian, las Conferencias mundiales y las posibles soluciones.

Advertimos, que debido a los distintos métodos utilizados en la obtención de datos por las distintas fuentes y Programas, estos pueden ser en algún caso contradictorios, por ello, los hemos utilizados con prudencia contrastándolos entre sí.

El material utilizado para este estudio es el que figura en la Bibliografía; además hemos utilizado numerosas páginas Web como recursos didácticos que proporciona Internet.

1. LA DEGRADACIÓN DEL BOSQUE TROPICAL

El biociclo terrestre comprende cuatro grandes *biócoras*: el bosque, la sabana, la pradera y el desierto (Strahler, 1977).

De todos los bosques del mundo son los del trópico los que han sufrido una mayor destrucción en los últimos años; en esta zona la sierra mecánica y el fuego han causado estragos (Myers, 1991). Estas palabras definen claramente el estado del bosque tropical, muchos de los cuales están hoy en peligro. Ya se han perdido más de la mitad y el índice de deforestación casi se duplicó en la década de los ochenta. Es posible, si no se pone el remedio, que en unos pocos años se asista a la práctica destrucción del bosque tropical.

Más de una cuarta parte del bosque húmedo tropical que sobrevive en el mundo se encuentra en Brasil. En Costa de Marfil la quema y la tala están reduciendo los bosques existentes en un 15 % al año, uno de los porcentajes más elevados del mundo. En Nigeria, el país más poblado de África, la demanda de tierras puede eliminar los bosques. Los bosques tropicales de Madagascar, que albergan muchas especies endémicas, son los más amenazados del mundo. En Papua-Nueva Guinea los bosques han sufrido relativamente poco, pero desde hace unos años están amenazados por la explotación maderera y la tala para plantar cultivos comerciales. Se puede afirmar, que casi la mitad del bosque húmedo tropical ha sido destruido por la actividad humana.

En los años setenta, la Amazonía, cubierta por densas selvas tropicales, es un área de unos 7 millones de Km.^{2} (según los expertos ambientalistas, representa el 40 % de los bosques tropicales de la tierra, un gigantesco pulmón que permitir seguir respirando a miles de seres vivos, incluido el hombre) que se extiende por nueve países, Brasil, Perú, Colombia, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Surinam, Guyana y la Guayana Francesa, se convirtió en objetivo económico para el gobierno brasileño; antes de estos años, la deforestación en la zona no llegaba al 0,5 % del área; entre 1970 y 1991, se deforestó un 10 % de la superficie total, lo que supuso cerca de 70 millones de ha., de las que 40 millones se consideraron zonas degradadas. En los últimos diez años, 1990-2000, la tala abusiva ha supuesto la deforestación de más de 600.000 Km.^{2} de selva amazónica, es decir, una superficie equivalente a la de Francia. Las causas más sobresalientes de tal deforestación fueron: la

explotación agropecuaria en suelos no aptos para ella, la construcción de más de 3.000 Km. de carretera transamazónica, la proliferación de represas hidroeléctricas, pozos petrolíferos y la tala indiscriminada para las empresas madereras.

Las principales causas de deforestación del bosque húmedo tropical en el Pacifico colombino han sido las industrias maderera y minera, basadas en un modelo económico de enclave y extractivo orientado a mercados externos a la región; en este sentido, en el análisis de las causas subyacentes a la pérdida y empobrecimiento de los bosques del Pacifico se deben considerar las implicaciones de las políticas de Estado, al igual que los diferentes dispositivos de la intervención del capital, en el contexto del territorio de las comunidades negras e indígenas que ha configurado prácticas tradicionales de producción de manejo sostenible de los diferentes ecosistemas. Durante el período 1993-1995 se puso en marcha la primera fase del Proyecto Bosques de Guandal (PNUD-Corponariño-Universidad Nacional de Colombia) para regenerar 40.000 hectáreas de bosque húmedo tropical (World Rainforest Movement).

Todos contribuimos, de manera directa o indirecta, a la desaparición del bosque tropical: la demanda de maderas especiales está llevando a los habitantes del mundo intertropical a la explotación abusiva del bosque; los consumidores de occidente están contribuyendo a la demanda consumista de alimento barato para el ganado, así la UE importa al año de Tailandia millones de Tm. de mandioca, rica en calorías para alimentar ganado estabulado y de corral de Europa; la mandioca se cultiva en Tailandia en terrenos previamente deforestados.

Según un estudio publicado por la FAO y el PNUMA de 1994, cada año se pierden en el mundo unos 11,3 millones de hectáreas de bosques tropicales. Las pérdidas en 75 países del área tropical de América del Sur y Central, Asia y África se reparten como sigue: 23 países de Latinoamérica perdieron 5,6 millones de hectáreas; 36 países de África perdieron 3,67 millones; y 16 países de Asia, dos millones.

Entre los beneficios que pueden obtenerse de los bosques tropicales destacan los medicamentos (los pueblos indígenas de la Amazonía utilizan más de 600 plantas medicinales, en la que se puede considerar la farmacia natural del mundo); existe una posibilidad entre cuatro que ese medicamento se haya extraído de alguna planta tropical; para medir los beneficios que se obtienen de los artículos extraídos del bosque tropical, podemos considerar que la venta comercial de los mismos en todo el mundo arroja una cifra aproximada a los 30.000 millones de dólares al año (Myers, 1991); asimismo, un beneficio aún más importante reside en el papel que juegan los bosques tropicales en el control del clima; la deforestación está creando dos problemas a este respecto. A medida que la franja verde en torno al ecuador se transforma en terreno baldío, se produce un aumento de la brillantez de la superficie terrestre; este efecto albedo está alterando las corrientes de convección, los sistemas de vientos y los regímenes de precipitaciones en las regiones de los trópicos y posiblemente en otras más lejanas. Aún más significativa es la alteración climática que se sigue de la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera global. La comunidad de científicos está de acuerdo en considerar que a las emisiones de CO_2 debe la mitad el efecto invernadero, que amenaza con causar un drástico cambio climático y ecológico mediante el proceso de calentamiento global (La deforestación contribuye entre un 12 % y un 19 % al efecto del calentamiento global del Planeta). Se ha estimado que cada año se

acumulan en la atmósfera unos 4.000 millones de Tm. adicionales de carbono y aproximadamente el 30% de este exceso se debe directamente de la quema acelerada de los bosques tropicales; el bosque húmedo tropical está siendo quemado y arrancado a un ritmo de 160.000 Km^2 cada año (Myers, 1991).

Sin embargo, constituye un avance la campaña para plantar árboles en los trópicos húmedos, que podría contrarrestar la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera global. Los árboles al realizar la fotosíntesis absorben CO_2; la mitad de un árbol, se ha estimado, que es carbono. Según los expertos, una sola hectárea de bosque tropical puede absorber hasta 10 Tm. de carbono al año durante décadas; así, un millón de $Km.^2$ de bosque tropical puede absorber 1.000 millones de Tm. de carbono. Es innegable que plantando árboles no se puede eliminar el carbono acumulado en la atmósfera, al no haber terreno disponible, pero es cierto que se puede aspirar a reducirlo a la mitad. El costo de la inversión oscila en torno a los 80.000 millones de dólares durante diez años.

Esta idea, en otros tiempos, fue considerada poco realista, pero el Informe de 1990 del Comité Intergubernamental sobre el Cambio climático propuso la plantación de 2,4 millones de $Km.^2$ de árboles en todo el mundo durante el período 1990-2010.

Desde hace unos años Filipinas, Tailandia y la India, entre otros países, han declarado su deforestación problema nacional urgente. Brasil, país que en los últimos años ha sufrido la más grave deforestación, (en la Amazonía brasileña entre los años 70 y 90 se talaron 70 millones de hectáreas, de las cuales unos 40 millones ya se consideraron zonas degradadas) se ha enfrentado con resolución al problema. El Foro Ambiental Indonesio, el Movimiento Chipko y la campaña del Valle Silencioso en la India, han conseguido notables resultados. En Kenia, la organización Cinturón Verde ha plantado más árboles en un año que el gobierno en los diez años precedentes. También en Colombia se ha producido un gran incremento en la plantación local de árboles.

El Plan de Acción Forestal Tropical (PAFT), propuesto por la FAO, es un instrumento de reforma, reorientación, regeneración y aprovechamiento sostenido de los recursos forestales tropicales, cuyo objetivo principal es ayudar a los países en desarrollo a decidir las prioridades nacionales en materia de recursos forestales.

Los Ministros de Relaciones Exteriores de las Repúblicas de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, firmaron en la ciudad de Guatemala el 29-X-1993 el Convenio para el Manejo y la Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales, del que destacamos su primer considerando: Que el Protocolo de Tegucigalpa, que instituye el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) reafirma entre sus propósitos: «Establecer acciones concertadas dirigidas a la preservación del medio ambiente por medio del respeto y armonía con la naturaleza, asegurando el equilibrado desarrollo y explotación racional de los recursos naturales del área, con miras al establecimiento de un Nuevo Orden Ecológico en la región».

A partir de 1997 se iniciaron en América Latina una serie de Proyectos de mejora de los bosques tropicales, de los que destacamos el Programa de Investigación sobre Metodologías de Seguimiento y Evaluación de Proyectos de Manejo de Recursos naturales en América Latina y el Caribe, dirigido por el Departamento de Recursos Naturales de la Universidad para la Paz (Ronnie de Camino, 1997), que sigue las directrices de la Agenda 21 (CNUMAD o Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarro-

llo, conocida como Cumbre de Río, 1992) en la que se recomienda avanzar en la obtención de indicadores de desarrollo sostenible.

Según el XI Congreso Forestal Mundial, celebrado entre el 13 y el 22 de octubre de 1997 en Antalya, Turquía, (Departamento de Montes de la FAO, 1997) hay pruebas de que los bosques y sus recursos se están perdiendo a un ritmo creciente; esta pérdida tiene tres series de consecuencias: Pérdida de biomasa y recursos concretos de valor inmediato, procesos ecológicos deteriorados (captación de agua, carbono, capacidad de recuperación), pérdida de diversidad biológica (comunidades, especies, géneros).

Aunque los datos demuestren que existe una pérdida de bosque, no es segura la dimensión del problema que esto representa y hay todavía un desacuerdo considerable en cuanto a las soluciones óptimas para evitar la pérdida. Los defensores de la biodiversidad ven la solución en la protección in situ del bosque natural. Los estrategas del calentamiento global ven el desarrollo de las plantaciones industriales y de leña como un gran beneficio inmediato. Los conservacionistas de carácter social desean que la población desempeñe un mayor papel en el uso y manejo de los recursos forestales.

2. DEFENSA DE PRADERAS, LLANURAS, ESTEPAS Y SABANAS

Las extensas llanuras de América del Norte, las praderas con árboles o sabanas de África y las estepas de la CEI, sugieren imágines de una monotonía sin cambios, aunque nada está más lejos de la realidad.

La vegetación dominante del ecosistema de las **praderas** está constituido por gramíneas, juncias y otras plantas de pastizal. Existen tres tipos de praderas predominantes: **las praderas naturales** que ocuparon grandes áreas de masas continentales, como las praderas y llanuras de Norteamérica, las pampas y páramos de América del Sur, el veld de Sudáfrica y las estepas euroasiáticas. En la zona templada prosperan en lugares con una precipitación anual que oscila entre 250 y 750 mm, con un alto grado de evaporación y sequías estacionales y anuales; en las áreas tropicales se localiza en regiones de estación húmeda y seca diferenciadas.

Las **praderas seminaturales** se sitúan en zonas con suficiente humedad, subsistiendo con ellas el bosque; son llamadas también praderas de transición, resultado de la deforestación. Las **praderas cultivadas**, como los lugares de heno y pastos, se originan y conservan de forma artificial; contienen una o dos especies de gramíneas y subsisten con ellas algunas leguminosas, tipo trébol o alfalfa.

Los suelos de estos ecosistemas son muy fértiles. La indigencia de precipitaciones evita la disolución de los nutrientes del suelo y la ausencia de árboles permite a la hierba producir un mantillo rico en materia orgánica.

La pradera se extiende ampliamente por Ucrania y en Siberia ciñe el borde meridional de la taiga. En América del Norte cubre la Gran Llanura, desde el Mississippi a las Rocosas. A pesar de la estrechez del continente sudamericano aparece en la Pampa argentina. Lo que en América del Norte se llama pradera, en Rusia recibe el nombre de estepa (Plans et al., 1984).

El ecosistema de las **estepas** se localiza en extensas llanuras que carecen prácticamente de vegetación arbórea. El nombre de estepa tiene su origen en la palabra rusa *stepj*, término

que equivale a desierto sin árboles y no cultivado; con este término se nombra las praderas de gramíneas de Rusia templada y de Europa del Este. En sentido amplio, las estepas se reparten en todo el globo en diferentes microclimas, siendo las zonas más representativas las de la antigua URSS, las praderas y llanuras de EE.UU., las pampas de Sudamérica y el veld de África del Sur. Los suelos son muy fértiles, profundos, negros, tipo chernoziem.

La estepa europea se localiza alrededor de los 55º de latitud norte, desde los Cárpatos hacia el este europeo; en Canadá comienza al sur de los 55º y llega hasta la sabana situada a los 30º de latitud norte, debido a la disposición norte-sur de las cadenas montañosas.

En el hemisferio sur se desarrolla en la provincia de Buenos Aires y en las limítrofes; también está representada, aunque en menor extensión, en Otago (Nueva Zelanda), y como hemos citado, en le veld de Sudáfrica.

En la Península Ibérica se consideran zonas esteparias, «aunque de origen artificial, antrópico o por degradación de la encina» (Franco Aliaga, 1996), las siguientes: el valle del Ebro, los páramos de la Meseta norte, las hoyas de Guadix y Baza, ciertas zonas del interior de Almería y de la cuenca del Segura, los pastizales de La Serena y del Valle de Alcudia, los páramos de las provincias de Soria, Guadalajara y Segovia, y algunas zonas de estepas manchegas, casi desaparecidas en la actualidad, como los espartales de Hellín y Almansa, o los murcianos de Yecla, así como los sabinares del Campo de Montiel.

En las regiones mediterráneas, la mayor o menor aridez y la composición del suelo dan lugar a la formación de estepa herbácea en aquellas regiones más áridas que anuncian la proximidad del desierto, en ellas es típico el esparto; en las regiones algo menos áridas que las anteriores se desarrolla la estepa arbustiva, en las que se desarrollan thuyas y palmeras enanas (Aguilera Arilla et al., 1989)

En este sentido, se advierte que, los paisajes derivados del encinar muestran el poco fundamento y la ambigüedad de las llamadas *estepas españolas*. Se ha designado como estepa a cualquier paisaje desarbolado (campos de cultivo, barbechos, matorrales, pastizales) y a veces en el sentido de marco grandioso de connotación climácica, cuando se trata de una gama de paisaje más prosaico, fruto de la humanización milenaria del encinar (Méndez y Molinero, 1993).

El problema de las estepas españolas de plantas acusadamente xerófilas fue estudiado por Huguet del Villar en 1925 y solucionado definitivamente con las aportaciones de Font i Quer, Braun-Blanquet, O. de Bolós, etc. Queda bien claro que las denominadas estepas del interior de la Península son, en realidad, un tipo de vegetación resultante de la destrucción del encinar o de otras comunidades leñosas, y que nada tiene que ver con las estepas climáticas de la ex-URSS (De Bolós y Capdevila, 1984).

El ecosistema de la **sabana** está constituido por arbustos y árboles dispersos de varios tamaños. La aparición de las sabanas puede deberse a las características del suelo, a incendios periódicos provocados por la acción del hombre o por rayos, y a la influencia del clima. Las sabanas del Oeste o sudoeste de África se desarrollan en regiones con estación húmeda y seca bien definidas y con una precipitación anual entre 100 y 400 mm. Estas sabanas van desde el bosque abierto con piso bajo herbáceo hasta las autenticas sabanas, dominadas por las gramíneas. Cuando las lluvias oscilan entre los 100 y los 200 mm anuales sólo las gramíneas pueden resistir la estación seca. Si la precipitación alcanza los 300 mm anuales el suelo retiene humedad suficiente para mantener arbustos. Si la lluvia caída

supera los 300 mm anuales se pueden desarrollar árboles aislados. Cuando las precipitaciones superan los 400 mm anuales hay humedad suficiente durante la estación seca como para que los árboles crezcan abundantemente, hasta formar un dosel que da sombra a la pradera.

La alternancia de una estación húmeda y otra seca favorece el desarrollo de la sabana tropical, de modo que nos encontramos ante un paisaje de espacios abiertos con vegetación preferentemente herbácea sobre la que salpican árboles y arbustos adaptados a la estación seca. Esta vegetación es menos densa cuanto menor sea la precipitación (Aguilera Arilla et al., 1989).

La sabana constituye un tapiz continuo, ya que las hojas superiores de tallos contiguos llegan a establecer contacto. Las hierbas se desarrollan durante la estación húmeda y pueden alcanzar dos metros, o incluso más: es la sabana llamada «de elefante». En la estación seca, se marchitan y mueren. Los incendios espontáneos, o provocados por los indígenas para proporcionar fertilidad a los suelos, abrasan los tallos raseros. En África, la práctica de estos incendios ha aumentado de manera paulatina la extensión de la sabana en perjuicio de los bosques. Sólo el bosque galería escapa al incendio estacional (Plans et al., 1984).

Las llanuras, las estepas, las sabanas y las praderas, forman ecosistemas que sustentan miles de especies diferentes, encima y debajo del suelo, y desempeñan un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio ecológico del mundo; sin embargo, la importancia del medio ambiente de la pradera y de estos ecosistemas fue reconocida en otros tiempos sólo por ecologistas y conservacionistas. Actualmente un creciente número de científicos y gobernantes están cayendo en la cuenta de los complejos dilemas que implica garantizar que las praderas del mundo sigan sustentando a numerosas comunidades que dependen de ellas (Hall & Scurlock, 1991).

Desde el punto de vista climático, se está empezando a comprender la importancia que las praderas, estepas y sabanas tienen en la transferencia de carbono entre la atmósfera, la vegetación y el suelo. Los expertos saben que en algún lugar de la tierra se está absorbiendo el exceso de carbono desprendido de la atmósfera, pero no se sabe con certeza si el carbono desaparecido es absorbido por los suelos de las praderas o por los árboles de los bosques; lo que sí se sabe es que el incendio anual de muchas praderas, estepas y sabanas es un factor decisivo en el ciclo global del carbono.

Un proyecto coordinado por el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, basado en los trabajos realizados en México, Tailandia y Kenia, muestra que a estos ecosistemas se debe más de una cuarta parte de la restitución mundial del carbono de la tierra.

En la actualidad se pueden construir con el ordenador modelos de productividad de las praderas y de los ciclos de carbono, utilizando datos de todo el mundo, incluidas llanuras, estepas y sabanas; con estos estudios se ayudará a predecir como las praderas del mundo y estos ecosistemas podrán hacer frente al aumento de CO_2 en la atmósfera y a los consiguientes cambios de lluvias y de temperaturas.

3. DEGRADACIÓN DEL SUELO, EROSIÓN Y DESERTIFICACIÓN

Uno de los aspectos que en la actualidad está revistiendo mayor importancia es el de la *degradación del suelo*. Se puede definir, en un concepto amplio, como la pérdida de cali-

dad y cantidad de suelo. «Degradación del suelo significa pérdida parcial o total de su productividad, ya sea cuantitativa o cualitativa, como resultado de procesos tales como la erosión hídrica, erosión eólica, salinización, deterioro de la estructura, contaminación, encostramiento, inundación, agotamiento y pérdida de elementos nutritivos, desertificación, etc.» (López Bermúdez, 1994). Al degradarse el suelo pierde capacidad de producción y cada vez hay que añadirle más cantidad de abonos para producir siempre cosechas muy inferiores a las que produciría el suelo si no se presentase degradado.

La degradación del suelo puede deberse a varios procesos: erosión, salinización, contaminación, drenaje, acidificación, laterización, pérdida de la estructura del suelo, o una combinación de ellos.

Conviene indicar de manera sucinta, que existen tipos de degradaciones: ***degradación de la fertilidad del suelo***, entendida ésta como la disminución de la capacidad del suelo para soportar vida; ***contaminación del suelo***, por determinadas sustancias nocivas.

La FAO define la contaminación como una forma de degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo; la contaminación suele producirse de una manera artificial, como consecuencia de las actividades humanas, pero también puede ocurrir de manera natural, la edafización libera sustancias contenidas en las rocas (heredadas o neoformadas) que se concentran en el suelo (Barahona, 2000).

El problema de la degradación del suelo no es un descubrimiento de nuestra civilización, pues ya quedaba registrado en los documentos de los romanos y de los griegos: así Platón describía la destrucción del suelo como resultado de las deforestaciones. No obstante, en un principio, el problema no era acuciante debido a la escasa densidad de población y al hecho de que las civilizaciones primitivas se establecían en las llanuras próximas a los ríos. La espectacular explosión demográfica actual ha provocado la roturación de tierras en relieves cada vez con pendientes más fuertes, fuertemente degradables, y como consecuencia frenar la degradación del suelo se ha convertido en uno de los grandes retos de nuestra civilización (García & Dorronsoro, 2000).

La degradación de los suelos tiene importantes consecuencias: pérdida de elementos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg...); modificación de las propiedades físicas; deterioro de la estructura; disminución de la capacidad de retención de agua; pérdida física de materiales; incremento de la toxicidad; en definitiva, empeoramiento de las propiedades del suelo y disminución de la masa de suelo. Estos efectos tienen dos consecuencias generales: a corto plazo, disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación (cada vez el suelo necesita mayor cantidad de abonos y cada vez produce menos), y a largo plazo, infertilidad total, abandono y desertización del territorio.

El proyecto internacional «Global Assessmente of Soil Degradation» (GLASOD) de 1991, ha puesto de manifiesto el grave estado de degradación en que se encuentran actualmente los suelos de todo el mundo (MAPA MUNDIAL DE DEGRADACIÓN). Según el GLASOD, el 46 % de los suelos de cultivo soportan una degradación moderada, para el 15 % es muy importante, y un 9 % se encuentran completamente degradados como consecuencia de las acciones antrópicas; en el mismo informe, se identifican cinco intervenciones humanas que han provocado la degradación de los suelos: deforestación y explotación de bosques (574 M. ha), sobrepastoreo (697 M. ha), manejo impropio de suelos agrícolas (552 M. ha), sobreexplotación de la vegetación para usos domésticos (133 M. ha) y activi-

dades industriales (23 M. ha). Afortunadamente nuestra civilización parece estar despertando, según se desprende de la lectura de los informes especializados, que los organismos competentes emiten periódicamente como la FAO, UNESCO, PNUMA y UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales), en el sentido, de que estos gravísimos problemas pueden ser controlados mediante la aceptación de las teorías conservacionistas (García & Dorronsoro, 2000).

La *erosión* consiste en una pérdida de suelo, por arranque, transporte y posterior deposición del material que lo constituye, por la acción del agua y del viento (López Bermúdez, 1998).

La erosión, en una concepción amplia, es un proceso físico, químico y antrópico que desgasta y destruye continuamente los suelos y las rocas de la corteza terrestre. La mayoría de los procesos erosivos son resultado de la acción combinada de varios factores, como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento, la gravedad, la vida vegetal y animal y la acción del hombre. En función del principal agente causante de la erosión y del tiempo que sus efectos sobre la superficie terrestre tardan en manifestarse, se habla de erosión geológica o natural y de erosión acelerada. La primera es debida a la acción de los agentes y procesos naturales que actúan a lo largo de millones de años; mientras que la erosión acelerada es el resultado de la acción antrópica y sus efectos se dejan sentir en un periodo de tiempo mucho menor. Sin la intervención humana, las pérdidas de suelo debidas a la erosión probablemente se verían compensadas por la formación de nuevos suelos en la mayor parte de la Tierra.

El Programa CORINE en 1992 analizaba el riesgo de la erosión de suelo en los países sureños de la Comunidad Europea por áreas de alto riesgo, áreas de riesgo moderado y áreas de bajo riesgo; en este sentido, las áreas de alto riesgo de erosión del suelo correspondían a Portugal y España con el 30 y 29 % respectivamente; las de moderado riesgo afectaban a Portugal y España con un 54 y 44 % respectivamente; y las áreas de bajo riesgo a Francia del Sur e Italia con el 65 y 55 % respectivamente.

El concepto *desertificación* fue estudiado, en primer lugar por la Conferencia de Naciones Unidas sobre la Desertificación en Nairobi en 1977, después la «Cumbre de la Tierra» de Río de Janeiro de 1992 completó el concepto, definiéndolo como «la degradación de las tierras de las zonas áridas, semiáridas y secosubhúmedas como resultado de las variaciones climáticas y las actividades humanas», y tal como se define, incluye tanto la degradación originada por causas naturales como debida a actividades antropogénicas; en este sentido, «desertificación es un conjunto de procesos o manifestación de fenómenos implicados en el empobrecimiento y degradación de los geosistemas terrestres por impacto humano» (López Bermúdez, 1998); también tiene especial importancia el componente político, en el sentido que no sólo existen causantes del proceso de desertificación, sino también afectados por el mismo.

Es conveniente citar brevemente las causas naturales de la desertificación, así como las originadas por la acción humana. En cuanto a las de origen natural debemos indicar las siguientes: características generales del clima, efectos de la radiación solar, características del régimen de lluvias, antecedentes geomorfológicos, características del suelo, características fitogeográficas, características hidrológicas y las influencias de los procesos naturales de erosión hídrica y eólica. Las causas originadas por la acción del hombre se pueden

resumir, entre otras, en las siguientes: manejo no conservacionista de la forestación (talas y quemas irracionales), incendios forestales por accidentes o provocados, utilización de técnicas agrícolas inadecuadas, laboreo excesivo, empleo excesivo o indebido de plaguicidas y fertilizantes inorgánicos, realización de quemas de rastrojos, excesiva carga animal (sobrepastoreo, pisoteo, etc.), técnicas de cultivo inadecuadas para terrenos con mucha pendiente, desarrollo de sistemas y métodos de riego inadecuados (procesos de salinización), monocultura agropecuaria, tipo de tenencia de la tierra, falta o insuficiente reglamentación en el uso del suelo y del agua, trazado y tendido de caminos, actividades mineras y prospecciones petrolíferas. A estos dos tipos de causas debemos añadir los condicionantes del ámbito político: ausencia de reglamentaciones para la protección en el uso de los recursos; ausencia de criterios de planificación del desarrollo regional; falta de planificación en el desarrollo industrial; falta de organización y planificación para el desarrollo de actividades turísticas y de recreación (Mérega, 2000).

La desertificación afecta a 99 países en todo el mundo; en la mayor parte de los casos se trata de países subdesarrollados (81), aunque también la sufren los desarrollados (18). Esto supone una cuarta parte de la superficie de la tierra (unos cinco billones de hectáreas). La desertificación no es sólo un problema de pérdida de suelo, sino que influye en la estabilidad y desarrollo de las poblaciones humanas. Se estima que son unos 1.000 millones de personas los que están amenazados por este proceso, especialmente en los países pobres.

Los expertos opinan que España es el estado de la Unión Europea más afectado por este fenómeno, ya que aproximadamente un 30 % del territorio está sometido a este proceso, (...); por comunidades autónomas las cifras difieren unas de otras; en Murcia, por ejemplo, más del 48 % del territorio está sometido a este riesgo; en Andalucía es especialmente importante en las provincias de Almería, Granada y Huelva; el caso de Canarias es especial, pues se trata de islas de naturaleza volcánica en las que los procesos de erosión se ven potenciados por las características propias de aridez que caracteriza el clima del archipiélago canario, se calcula que afecta a un 48 % de la superficie insular (unas 300.000 hectáreas). En cuanto a las posibles soluciones en España, destacar las de la comunidad de Murcia que está desarrollando tres líneas de trabajo ligadas a la repoblación forestal: estudio de las especies vegetales idóneas para preservar el suelo sin menoscabo de la producción, estudio de las técnicas y sistemas más idóneos y el mantenimiento del concepto de desarrollo sostenible, trasladando el mensaje a la población y, especialmente, al agricultor que trabaja y vive de las tierras afectadas (www.cofis.es.2000).

Según el Programa de Acción Nacional contra la desertificación (Borrador de trabajo del año 2001), la superficie afectada por la desertificación en España es muy alta en un 11,08 %, alta en un 20,41 %, media en un 21,68 % y baja en un 13,98 %; este mismo Programa cifra el total de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas en España en un 67,14 % sobre el total nacional.

Durante 10.000 años, desde que comenzó la agricultura, el área de la superficie terrestre destinada a cultivos se extendió más o menos continuamente. Cuando la población crecía, los agricultores se trasladaban de valle en valle y de un continente a otro, ampliando la extensión de las tierras cultivadas. Pero en 1981, año en que una décima parte de la superficie emergida de la tierra estaba ya roturada, ese aumento de la extensión de los cultivos

tocó a su fin; no obstante la población del mundo continúa incrementándose (Brown, 1991).

Las tierras secas son el hogar de dos mil millones de personas, el 33 % de la población mundial, según datos del programa de desarrollo de las Naciones Unidas. La degradación del suelo de estas zonas, repartidas en un centenar de países, está provocando un intenso proceso de desertización.

La desertización ejerce su máximo impacto en África, donde dos terceras partes de la superficie están compuestas por tierras áridas. Para las personas de países como Burkina Faso, Chad, Etiopía, Namibia o Senegal este problema forma parte de la cotidianidad. Pero también en Asia las tierras degradadas tienen una fuerte presencia. Desde las dunas de Siria hasta las vertientes montañosas erosionadas de Nepal, pasando por las zonas de pasto de Laos. Sin olvidar otros países como Arabia Saudí, China, Irán, Pakistán o Mongolia. En América Latina el avance del desierto azota igualmente con fuerza en extensas zonas de Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

Un quinto de la población mundial y un tercio de la superficie terrestre está afectada por la desertificación. De 6 a 7 millones de hectáreas se pierden anualmente por erosión y más de 20 millones de hectáreas están afectadas por la salinización. Alrededor del 70 % de los 5,2 billones de hectáreas de tierras secas que se utilizan para la agricultura en todo el mundo ya están empobrecidas. Algo más de 1.000 millones de hectáreas de África, el 73 % de sus tierras secas se hallan en proceso de desertificación grave. En Asia por el mismo fenómeno están afectadas 1.400 millones de hectáreas. En América del Norte el 74 % de las tierras secas sufre procesos moderados o graves de desertificación. Cinco países de la Unión Europea sufren también sus efectos. Más de 110 países de todo el mundo tienen problemas moderados o graves de desertificación. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha calculado que la desertificación cuesta al mundo 42.000 millones de dólares al año. Pero el costo humano es aún más alto: más de 135 millones de seres pueden verse obligados a emigrar (la sexta parte de los habitantes de Malí y Burkina Faso ya han sido desarraigados de esta manera) (Mérega, 2000).

La desertificación influye en el desencadenamiento de guerras, contribuye a la inestabilidad política, al hambre y a la desintegración social en zonas conflictivas como es el caso de Somalia y es causa de que se gasten grandes sumas de dinero en socorrer en los casos de desastre y en ayuda humanitaria. Además, es un factor agravante de las crisis ambientales, como el calentamiento del planeta y la pérdida de biodiversidad.

Las catástrofes por sequía a principios de la década de los setenta en la zona del Sahel, condujeron a la convocatoria de la citada Conferencia de Naciones Unidas sobre Desertificación (CNUD) en Nairobi en 1977, donde se elaboró LA CARTA MUNDIAL DE LOS SUELOS (García, & Dorronsoro, 2000) aprobándose, entre otras cosas el Plan de Acción de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertización, que lamentablemente no pasó de ser un catálogo de buenas intenciones, con escasa repercusión práctica. En 1992 la «Cumbre de la Tierra» de Río de Janeiro trató nuevamente el tema; tras un análisis detallado del proceso de desertificación y sus repercusiones sobre el desarrollo, se solicitó a la Asamblea General de Naciones Unidas que estableciera un Comité Intergubernamental de Negociaciones sobre Desertificación (CIND), que se encargara de negociar el *Convenio sobre Desertificación*. En enero de 1993, se celebró el primer período de sesiones para

organizar el CIND, posteriormente se celebraron otras sesiones en Nairobi (24 de mayo al 13 de junio de 1993), Ginebra (13-24 de septiembre de 1993), Nueva York (17-28 de enero de 1994), Ginebra (21-31 de marzo de 1994), y París (6-17 de junio de 1994). Tras largas y difíciles deliberaciones, se llego a un acuerdo sobre el texto final de la Convención y cuatro anexos para su aplicación en África, América Latina y el Caribe, Asia y el norte del Mediterráneo.

La Convención fue adoptada el 17 de junio de 1994; los días 14 y 15 de octubre de 1994 fue firmada por 85 países, además de la Unión Europea; en agosto del 2000, un total de 167 países han suscrito la Convención; lo esencial de la misma reside en promover e impulsar el diseño, y puesta en práctica de programas nacionales, subregionales y regionales de acción para luchar contra la desertificación (Mérega, 2000).

Según el Informe de la FAO de 1997, esta organización apoyó con toda su energía la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación, desde su fase de negociaciones hasta su aplicación; por otra parte, apoya las iniciativas nacionales destinadas a elaborar programas de acción nacionales; así, en Malí ayudó a establecer una asociación en la que participan el Gobierno, la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica y otros donantes. El programa de Malí, que confiere la función principal a las instituciones nacionales y a las comunidades locales, es parte del Programa Nacional de Acción Ambiental del país. Junto al PNUMA, la FAO ha contribuido a preparar programas de acción nacionales en América Latina; mediante la cooperación con organizaciones intergubernamentales, la FAO contribuye a hacer frente a los problemas de ordenación de las tierras secas en sus respectivos países miembros, caso de muchas regiones africanas, apoyando la Lucha contra la Sequía en el Sahel (www.fao.org).

En el amplio campo de la investigación científica sobre la erosión y la desertificación en la Cuenca del Mediterráneo, debemos destacar la labor que realiza el Grupo ERODERME (Erosión y Desertificación en el Mediterráneo), del Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional de la Facultad de Letras de la Universidad de Murcia; las líneas de investigación del Grupo ERODERME, prioritariamente se centran en: la pérdida de suelo por erosión hídrica, procesos geomorfológicos, hidrológicos y ecológicos del área mediterránea, seguimiento, control y evaluación de sedimentos, procesos y modelado fluvial, análisis de la variabilidad espacial y temporal del clima y su repercusión, cambios ambientales y procesos de desertificación y aplicación de los Sistemas de Información Geográfica.

Destacamos, también, en el estudio de la erosión y desertificación de extensas regiones de la Europa mediterránea y, en particular, del Sudeste Ibérico, diversos programas y proyectos españoles como el LUCDEME y otros muchos del Plan nacional de I + D y de la Unión Europea, como CORINE, MEDALUS, EFEDA, RESMEDES, HERMES, MODMED, entre otros, así como la Convención de Naciones Unidas para combatir la Desertificación, Anexo IV Mediterráneo Norte (CCD, 1994) (López Bermúdez, 1998). Asimismo, el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE) es un centro mixto de investigación (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universitat de Valencia, Generalitat Valenciana) dedicado al estudio y prevención de los procesos de desertificación en ambientes mediterráneos y al estudio del suelo como recurso natural, caracterización, funciones y comportamiento desde la óptica de la investigación básica y aplicada. Destacar,

del mismo modo, las investigaciones que realiza el CEBAS (Centro de Edafología y Biología Aplica del Segura) en el estudio de los procesos de erosión y desertificación del Sureste español, así como las consecuencias humanas, en la flora y en la fauna.

Un paso necesario para combatir la degradación del suelo, consiste en poner en práctica políticas que apoyen un desarrollo agrícola amplio e intensifiquen los incentivos dados a los agricultores y aumenten la capacidad de inversión en mejoramiento de la tierra.

En este sentido, en las tierras densamente pobladas pero de baja calidad, las medidas políticas se centran en mejorar la calidad del suelo como elemento clave para incrementar los rendimientos, corregir el agotamiento de los nutrientes, uso de técnicas de bajo costo para la rehabilitación del suelo..., (...); las dos medidas políticas prioritarias para combatir la degradación de los suelos regados son bien conocidas: mejorar los regímenes de aprovechamiento de agua en los diversos sistemas de explotación y la finca y, hacer inversiones en sistemas de desagüe apropiados donde no se haya hecho..., (...); las políticas relativas a los terrenos de secano de alta calidad incluyen, por una parte, una mejor integración del desarrollo de tecnología y la extensión para el crecimiento de la productividad y, por otra, buenas prácticas de manejo del suelo, uso de maquinaria agrícola y manejo de sustancias agroquímicas y el fomento del uso complementario de nutrientes orgánicos (Scherr, 1999).

La iniciativa de la «visión de la alimentación, la agricultura y el medio ambiente en el año 2020», ha sido lanzada por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) para tener un punto de vista compartido y lograr consenso para la acción sobre la forma de atender las futuras necesidades mundiales de alimentos y, al mismo tiempo, reducir la pobreza y proteger el medio ambiente. Por medio de esta iniciativa el IFPRI agrupa diversas corrientes de opinión sobre estos temas, genera investigaciones y formula recomendaciones. El IFPRI es parte de la red mundial de investigaciones agrícolas conocida como Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR); para más información sobre estos temas véase la página Web: **www.ifpri.org**

Los Ministros de Medio Ambiente reunidos en Bonn en Diciembre del año 2000 con motivo de la IV Conferencia de Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación, reconocieron que la escasez de recursos impide afrontar la lucha contra la degradación de la tierra con perspectivas de éxito. Según dichos ministros, África es el continente más afectado por la desertificación y que la degradación del suelo, lejos de frenarse, avanza a un ritmo de unos 20 millones de hectáreas al año. Según cálculos del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), los países afectados por la desertificación dejan de ingresar 42.000 millones de dólares anuales por la pérdida de tierra cultivable (la desertificación priva a China de 6.500 millones de dólares anuales, unos 800 millones a Brasil y de unos 350 millones a España). Las mismas fuentes señalan que sería necesario «realizar esfuerzos eficaces durante 20 años y contar con un presupuesto anual global de entre 10.000 y 20.000 millones de dólares», para combatir la desertificación. Los países en vías de desarrollo carecen de estos recursos. España, el país más árido de Europa, en un informe presentado a la IV Conferencia de Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación, expuso que la meta fundamental es lograr el manejo sostenible de los recursos como el suelo y el agua en las zonas más áridas del país; la zona de aplicación es muy extensa, ya que el 66 % del territorio nacional está potencialmente amenazado

por la desertificación; un 6 % del país, especialmente en el sudeste, se considera zona de pérdida irreversible, mientras que alrededor de un 18 % está en situación muy grave. El representante del Ministerio de Medio Ambiente de España, Leopoldo Rubio, sostuvo que la lucha contra la degradación de las tierras cumple un objetivo más amplio en tanto que el suelo actúa como regulador del dióxido de carbono, uno de los gases que provoca el efecto invernadero; al luchar contra de desertificación, indicó, se mejoran las condiciones generales en zonas como la cuenca del Mediterráneo, una de las áreas de máximo riesgo ante el calentamiento de la Tierra, que conlleva mayor peligro de incendios forestales, de deforestación y de salinización (Waste Magazine, diciembre 2000), ya que la Cuenca Mediterránea va encaminada hacia un incremento de las temperaturas, una disminución de las precipitaciones, una acentuación de las sequías y, en consecuencia, un aumento de la fragilidad de los ecosistemas, suelos y un incremento de la desertificación. Son, por ello, necesarios y urgentes, la implantación de rápidos y eficaces planes de previsión, corrección, a todas las escalas, de los recursos del suelo, agua y vegetación.

4. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA E INFLUENCIA CLIMÁTICA

La existencia de un problema real de contaminación del medio que nos rodea y la necesidad de paliar sus efectos mediante un control adecuado de la misma es evidente.

Nunca ha existido una atmósfera impoluta, de siempre la desintegración de la materia vegetal y animal y los incendios de los bosques han emitido gases y partículas, pero sólo en las últimas décadas, y como consecuencia fundamental de los avances técnicos, la contaminación atmosférica ha llegado a constituir una seria preocupación.

El uso del fuego, la primera manifestación técnica del hombre, los olores procedentes de diversas actividades domésticas y de pequeñas industrias, como mataderos y curtidurías, y la descomposición de basuras en poblaciones con sistemas de saneamiento rudimentarios, plantearon ya problemas de contaminación atmosférica en la Edad Media. La introducción del carbón como fuente de calor acrecentó la polución; es, sin embargo, en los últimos cien años cuando se ha planteado científica y técnicamente el problema de la contaminación atmosférica.

La OMS señala como principales fuentes de contaminación del aire los compuestos orgánicos, el dióxido de carbono, ácidos, hidrocarburos, disolventes, sulfuros, fluoruros, monóxido de carbono, nitratos, etc., procedentes de la combustión, de los motores de los automóviles, de refinerías de petróleo, industrias químicas, fundición de metales y electrometalurgia, fabricas de ácido sulfúrico, explosivos y preparación de productos alimenticios para el hombre y el ganado. Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las **naturales y las antropogénicas**; las emisiones primarias originadas por los focos naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales y descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos. Los principales focos antropogénicos de emisiones primarias se pueden clasificar en: **focos fijos,** procedentes de procesos industriales e instalaciones fijas de combustión y de la instalación de calefacción doméstica; **focos móviles,** procedentes de vehículos automóviles, aeronaves y buques; y **focos compuestos,** procedentes de las aglomeraciones industriales y de las áreas urbanas.

Entre los sectores que dan lugar a la mayor emisión de contaminantes atmosféricos se pueden destacar:

La siderurgia integral que produce todo tipo de contaminantes en cantidades importantes, siendo los principales: partículas, SO_x, CO, NO_x, fluoruros y humos rojos (óxidos de hierro).

Refinerías de petróleo, producen principalmente SO_x, HC, CO_2, NO_x, amoniaco, humos y partículas.

Industria química, produce, dependiendo del tipo de proceso empleado: SO_2, nieblas de ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico, y da lugar a la producción de olores desagradables.

Industrias básicas del aluminio y derivados de flúor, producen emisiones de contaminantes derivados del flúor.

Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud del hombre, animales y plantas es bien conocido por los habitantes de las aglomeraciones industriales, áreas urbanas y pueblos; aquí tan sólo recordar que muchos problemas médicos del árbol traqueobronquial, enfermedades de la mucosa de la nariz, garganta y ojos son debidos a la contaminación ambiental; las plantas pueden padecer, entre otras, enfermedades derivadas de la contaminación atmosférica, tales como, por citar algunas, la necrosis foliar, el manchado, el abrillantado o argentado, la clorosis y la detención del crecimiento. Hay que señalar que las plantas se comportan como silenciosos y sensibles instrumentos capaces de detectar y evaluar los diversos fitotóxicos atmosféricos en concentraciones muy bajas. Una inspección de la vegetación es quizás el medio menos costoso de controlar la polución atmosférica.

Entre los Programas internacionales que estudian la contaminación atmosférica destacamos, entre otros, los siguientes:

Global Tropospheric Experiment (GTE), (*Experimento troposférico del globo*), que trabaja desde 1980, siendo su finalidad estudiar las principales interacciones en la troposfera.

Global Tropospheric Chemistry Program (GTCP), (*Programa de química troposférica global*), estudia desde 1984 los procesos químicos fundamentales y respuestas a las perturbaciones en la troposfera.

International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), *(Programa internacional de la Geosfera y Biosfera*), analiza desde 1985 los impactos humanos sobre el ambiente natural de nuestro planeta.

Airborne Antarctic Ozone Experiment (AAOE), (*Experimento del Ozono en la atmósfera Antártica*), estudia desde 1986/87 el Agujero de Ozono de la Antártida.

Amazon Boundary Layer Experiment (ABLE), (*Experimento de la capa en los límites amazónicos*), analiza desde 1984/85 las emisiones procedentes de la quema de la biomasa en la selva amazónica.

Artctic Gas and Aerosol Sampling Projet (AGASP), (*Proyecto de muestras en el Ártico de aerosoles y* gases), estudia desde 1983/89 los gases contenidos en las nieblas árticas.

Global Atmospheric Measurement of Aerosols and Gases (GAMETAG), *(Mediciones de aerosoles y gases en la atmósfera mundial)*, trabaja desde 1977/78 en la medición de gases y aerosoles en la troposfera lejana.

Global Environmental Monitoring Network (GEMN), (*Red de control del medioambiente mundial),* desde 1976 evalúa la calidad del aire de las ciudades.

National Acid Precipitation Program (NAPAP), (*Programa nacional de lluvia ácida),* estudia desde 1980 la causa y efectos de la precipitación ácida.

Stratospheric Aerosol and Gas Experiment (SAGE), (*Experimento de los gases y aerosoles en la estratosfera)*, desde 1979/81 realiza medidas de aerosoles y gases en la estratosfera.

Stratospheric Ozone Experiment (STRATOZ), (*Experimento del ozono en la estratosfera)*, desde los años 80 realiza medidas de ozono en la estratosfera y en la alta troposfera.

Western Atlantic Ocean Experiment (WATOX), (*Experimento del Océano Atlántico occidental*), mide los flujos de contaminantes desde América del Norte al Océano Atlántico, desde 198/86.

Mucha gente se resiste a creer que, al menos en tres aspectos, la humanidad ha alterado el equilibrio natural de la atmósfera, de tal manera que ello supone un grave peligro para nuestro futuro bienestar. En este sentido, debemos indicar tres efectos de los contaminantes atmosféricos de suma importancia: efectos sobre los ecosistemas (lluvias ácidas), efectos sobre la estratosfera y efectos sobre el clima.

Efectos sobre los ecosistemas (lluvias ácidas): sabemos que la «lluvia ácida» (fenómeno muy estudiado y en el que se inscriben también la nieve, las nieblas y el rocío ácidos) se forma principalmente como un producto secundario de interacciones atmosféricas en las que toman parte los gases NO_x y el dióxido de azufre. A través de distintas reacciones, una de las cuales es la combinación con radical hidroxilo, esos gases se convierten, en cuestión de días, en ácido nítrico (HNO_3) y ácido sulfúrico (H_2SO_4), ambos fácilmente solubles en agua. Cuando las gotas acidificadas caen a la superficie terrestre, forman la lluvia ácida.

Desde el comienzo de la revolución industrial, a mediados del siglo XVIII, la acidez de la precipitación (medida por la concentración de iones hidrógeno) ha aumentado en muchos lugares. Por ejemplo, desde 1900 se ha cuadruplicado en el nordeste de los EE.UU., siguiendo el aumento de las emisiones de dióxido de azufre y gases NO_x. En otros lugares de las zonas industrializadas del mundo se han encontrado aumentos similares. Se ha detectado también lluvia ácida en los trópicos, donde apenas hay industria; allí se debe, sobre todo, al desprendimiento de gases NO_x e hidrocarburos por combustión de la biomasa (Graedel & Crutzen, 1998).

La emisión de productos químicos contribuye a la acidificación de los bosques, lagos y ríos. Los primeros efectos producidos por las precipitaciones ácidas se detectaron en cientos de lagos de Escandinavia, alrededor de los años 60. En la actualidad, más de 18.000 lagos están acidificados en Suecia, alrededor de 6.000 de ellos muestran graves daños sobre la biología acuática, y unos 2000 de los situados en la zona meridional y cen-

tral han perdido sus poblaciones piscícolas (Educación Ambiental, www.jmarcano.vr9., 2001).

Efectos sobre la estratosfera (Capa de Ozono): la presencia en la estratosfera de determinados compuestos, especialmente los clorofluorocarbonos y halógenos pueden provocar una disminución de la concentración de ozono en la estratosfera. La capa estratosférica de ozono protege la superficie de la tierra de una exposición excesiva a los rayos ultravioletas actuando como un filtro. Una disminución sensible de esta capa protectora tendría efectos perjudiciales para la salud humana y para la biosfera.

La capa de Ozono es una zona de la atmósfera de 19 a 48 Km por encima de la superficie de la Tierra, en ella se producen concentraciones de ozono de hasta 10 partes por millón. El ozono se forma por la acción de la luz solar sobre el oxígeno. El ozono se forma cuando las moléculas de oxígeno (O_2) se disocian por la radiación ultravioleta y los átomos de oxígeno resultantes se combinan con otra molécula de oxígeno: a) $O_2 = O + O$; b) $O + O_2 = O_3$; los átomos de cloro de los compuestos clorofluorcarburos lanzados a la atmósfera desempeñan un papel fundamental en uno de los ciclos catalíticos más eficaces para la destrucción del ozono estratosférico. El ciclo comienza con la rotura de una molécula de ozono por el cloro atómico y la formación de monóxido de cloro (CLO) y oxígeno molecular: a) $CL + O_3 = CLO + O_2$. El monóxido de cloro reacciona entonces con un átomo de oxígeno (formado por fotodisociación de otra molécula de ozono) y libera el cloro, que puede, de nuevo, iniciar el ciclo: b) $CLO + O = CL + O_2$. Los óxidos de nitrógeno destruyen el ozono, pero también pueden oponerse a ese ciclo. Por ejemplo, el dióxido de nitrógeno puede eliminar de la circulación al monóxido de cloro, combinándose con él para formar nitrato de cloro ($CLNO_3$) (Graedel & Crutzen, 1998).

El ozono protege a la vida del planeta de la radiación ultravioleta cancerígena, su importancia es por ello inestimable. Los científicos se alarmaron al descubrir, en la década de 1970, que ciertos productos químicos llamados CFC, usados durante largo tiempo como refrigerantes y como propelentes en los aerosoles, representaban una amenaza para la capa de ozono. Al ser liberados en la atmósfera, estos productos químicos, que contienen cloro, ascienden y se descomponen por acción de la luz solar, tras lo cual el cloro reacciona con las moléculas de ozono y las destruye. Por este motivo, el uso de CFC en los aerosoles está siendo prohibido en muchos países. Otros productos químicos, como los halocarbonos de bromo, y los óxidos nitrosos de los fertilizantes, son también perjudiciales para la capa de ozono.

La disminución de la capa de ozono expone a la vida terrestre a un exceso de radiación ultravioleta, que puede producir cáncer de piel, cataratas, reducir la respuesta del sistema inmunitario, inferir en el proceso de fotosíntesis de las plantas y afectar al crecimiento del fitoplancton de los océanos. A pesar de los intentos de supresión de estos productos químicos, científicamente se sabe que los CFC pueden permanecer durante más de 100 años en la atmósfera, por lo que la destrucción del ozono continuará representando una amenaza durante décadas.

El grado de disminución del ozono estratosférico no ha adquirido tintes espectaculares hasta ahora más que sobre la Antártida, donde todas las primaveras australes desde 1975 ha aparecido un «agujero», esto es, una región de pérdida de ozono cada vez más grave. Los niveles primaverales de ozono estratosférico sobre la Antártida han caído en torno a

un 50 % durante los últimos años y también se han detectado mermas del 2 al 10 % durante el verano y principios de primavera en latitudes medias y altas del hemisferio norte, con reducciones mayores en las latitudes más altas. Se sabe con bastante seguridad que los principales agentes responsables de la reducción del ozono son los halocarburos, principalmente el CFC- 11 ($CFCL_3$) y el CFC- 12 (CF_2CL_2) (Graedel & Crutzen, 1998). Los primeros datos sobre el comienzo de un deterioro de la capa de ozono se remontan al año 1982, cuando los valores sobre la columna de ozono obtenidos por la estación japonesa *Syowa* en la Antártida se dan a conocer (www. ozono.dcsc, 1999).

En 1985, investigaciones científicas revelaron la existencia de un gran agujero (disminución de la concentración o de unidades Dobson) concentrado sobre la Antártida; un 50 % o más del ozono situado sobre esta área desaparecía estacionalmente (a partir del mes de octubre) (Martín Gómez, 1999). Científicos de la OMM, dependientes de Naciones Unidas, coincidiendo con los datos de la NASA, advirtieron que el agujero de la capa de ozono en la Antártida, el día 3 de septiembre del 2000, había crecido a niveles sin precedentes, alcanzando una superficie de 28,3 millones de Km^2 (Ecología. La Insignia. 2000). En este sentido, científicos estadounidenses de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) aseguran que el agujero en la capa de ozono es el mayor de la historia, alcanzando una superficie tres veces superior a la de Estados Unidos, de unos 28,3 millones de Km^2; los científicos achacaron el problema a los CFCs y otros productos químicos, así como a un viento, llamado vórtice polar, que sopla en la Antártida; tratan, además, de determinar también si existe una relación entre la formación de agujeros en la capa de ozono y el calentamiento global del planeta (CNN en Español, 2000). Basado en datos de la NASA, Stephen Wood, investigador del Instituto Nacional de Agua e Investigaciones Atmosféricas de Nueva Zelanda, indica que 33 días después de lo observado por la NASA, el agujero de ozono cubre una superficie de 29,3 millones de Km^2, un millón de kilómetros más que el máximo valor anterior registrado, y que por primera vez el agujero se extendió sobre un centro poblado, afectando a los habitantes de Punta Arenas, en Chile (Proyectogeo, 2000).

Los científicos advierten que el frío clima invernal que afectó en el año 2000 al hemisferio norte adelgazó la capa de ozono sobre el Ártico. El centro de investigación de Kiruna, en Suecia, investigó el fenómeno, asegurando que si la capa de ozono continuara adelgazándose, los casos de cáncer de piel en Europa aumentarían sensiblemente. Ahora se están recogiendo nuevos datos de la capa de ozono con la ayuda de globos aerostáticos (www.canalnatura.com, enero 2000). En este sentido, la OMM (Organización Meteorológica Mundial) indica que durante el pasado invierno la capa de ozono sobre el Ártico desapareció en un 60 %, de acuerdo con las mediciones de un equipo internacional de científicos. Pese a esta considerable pérdida de ozono, detectado a una altura de 18 Km, los investigadores concluyeron que los efectos sobre la capa que cubre la Tierra en la zona del Ártico fueron compensados debido a que la destrucción por encima de los 20 Km se vio reducida (Organización Meteorológica Mundial, 2000).

Según el Centro de Información de las Naciones Unidas para España, el 16 de Septiembre de año 2000, el Secretario General de la organización, con motivo del día internacional para la preservación de la capa de Ozono, señaló que la Declaración de Beijing, aprobada en Diciembre de 1999 durante la reunión de las Partes del Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Destruyen la Capa de Ozono, reafirmó el compromiso de 175

gobiernos, organizaciones internacionales, industrias y otros grupos pertinentes de suprimir gradualmente aquellos productos químicos que destruyen nuestra capa de ozono estratosférica (...). Sin esta adhesión profunda al Protocolo, los niveles de sustancias que deterioran el ozono serían cinco veces superiores a los actuales (...). La atención que se prestó a los países industrializados, que fueron los pioneros en bajar la producción total de CFC, debe centrase ahora en los países en desarrollo que, de acuerdo con el Protocolo de Montreal, tienen plazo hasta el año 2010 para suprimir la producción de emisiones de CFC. Sólo a través del total y continuo acatamiento del Protocolo, tanto por parte de los países desarrollados como por los países en desarrollo, se podrá asegurar la total recuperación de la capa de ozono (ONU, 2000).

Unos trescientos expertos de todo el mundo deliberaron entre el 6 y el 16 de Noviembre del año 2000 en la ciudad argentina de Mar del Plata, en la Segunda Asamblea General de los Procesos Estratosféricos y su Rol en el Clima (SPARC); durante el congreso, se pudo determinar que los CFC están disminuyendo en el ámbito mundial a causa de la prohibición de su uso por el Protocolo de Montreal de 1987; suponiendo, explican los científicos, que la atmósfera no cambie, casi todas las herramientas matemáticas que describen los procesos químicos y físicos predicen para el 2050 el retorno al estado de 1984, cuando el agujero de ozono estaba casi cerrado, afirmando que para esa fecha el agujero de la capa de ozono se cerrará; otra de las conclusiones del encuentro es que existe una «interacción» entre la capa de ozono y los cambios climáticos, advirtiendo que la destrucción de la capa de ozono influye en el clima y el clima, a su vez, influye en el estado de la capa de ozono. A pesar de las predicciones de que en el 2050 podría cerrarse el agujero de ozono, algunos de los científicos destacaron que el aumento de los «gases de efecto invernadero» podría posponer en varias décadas su recuperación a niveles de 1984 (www.unión radio.com.ve/noticias/ciencia.htm) (2000).

Efectos sobre el clima (efecto invernadero, cambio climático):

Durante los últimos años, la comunidad científica, ha venido poniendo de manifiesto una preocupación creciente por los posible efectos que sobre el clima, calentamiento global y sobre el posible cambio climático, pudiera causar el aumento progresivo de contaminantes en la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas.

La acumulación progresiva de dióxido de carbono en la atmósfera debido al quemado de los combustibles fósiles y a la destrucción simultánea de los bosques, impidiendo que los árboles absorban el dióxido de carbono produce un manto alrededor de la Tierra que aumenta su temperatura (Gribbin et al., 1988).

Una de las causas de la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera, estriba en la quema de combustibles fósiles; en este sentido, (Gribbin, 1986), la clave de la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera no es la cantidad de combustibles fósiles existentes en el suelo, sino la velocidad con que se extraen y consumen.

Observaciones realizadas en Suecia, Australia, Alaska y Hawai muestran que las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2), que oscilaba entre 265 y 290 ppm antes de los años cincuenta, llegó a ser de 330 ppm en 1976, y según datos más recientes (Graedel & Crutzen, 1998), los niveles han ascendido a 350-360 ppm., aumentando a un ritmo de alrededor de 1 ppm en el curso de los últimos años.

La comunidad científica está de acuerdo en considerar, que el incremento de CO_2 en la atmósfera es debido a las alteraciones que las actividades antrópicas producen en el ciclo biogeoquímico del carbono ya que, por una parte, en la combustión de combustibles fósiles y en los incendios forestales se producen grandes cantidades de dióxido de carbono, y por otra parte, estos mismos incendios y la tala progresiva de bosques, que producen una disminución de las masas forestales mundiales, la degradación del suelo y la creciente desertificación, originan una disminución de la tasa de absorción total de CO_2 presente en la atmósfera por la vegetación.

Para Graedel & Crutzen (1998) se puede reconstruir la historia del dióxido de carbono y del metano merced a las concentraciones halladas en las burbujas de aire que han quedado aprisionadas en los hielos de lugares perpetuamente fríos, como la Antártida y Groenlandia. Los análisis de las burbujas de las muestras de hielo indican que las concentraciones de dióxido de carbono y metano se mantuvieron constantes desde finales del último período glacial, hace unos 10.000 años, hasta hace unos 300 años, en 260 ppm el primero y 700 ppm el metano. Hace unos 300 años, los niveles de metano comenzaron a subir; hace unos 100 años, los niveles de ambos gases ascendieron vertiginosamente hasta sus presentes valores, de 350-360 ppm para el dióxido de carbono y de 1700 ppm para el metano.

Las previsiones, (López Bermúdez, 2000), estiman que si se sigue quemando combustibles fósiles a las velocidades actuales, las concentraciones de CO_2 se duplicarán en la segunda mitad del siglo XXI.

El incremento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede alterar la temperatura de la Tierra, debido a que el CO_2 es transparente a la radiación solar recibida del sol, dejándola pasar libremente, pero absorbe la radiación infrarroja emitida desde la tierra. El efecto total es que cuanto mayor sea la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, mayor es la cantidad de energía recibida por la Tierra desde el sol que queda atrapada en la atmósfera en forma de calor. Este fenómeno que se conoce con el nombre de «**efecto invernadero**» produce un recalentamiento de la atmósfera.

El mecanismo del efecto invernadero es el siguiente: Alrededor del 40 % de la radiación solar incidente es reflejada otra vez al espacio; el 15 % la absorbe la Atmósfera y el 45 % aproximadamente llega a la Tierra, donde con el tiempo es reemitida en forma de radiación infrarroja (calórica). Parte de ésta es a su vez absorbida en la Atmósfera y reemitida de nuevo hacia la superficie, lo cual mantiene a la Tierra más caliente de lo que estaría sin Atmósfera. La radiación infrarroja (calórica) reemitida hacia la Atmósfera es absorbida en la Atmósfera por el vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases; el resultado es que la Atmósfera cerca de la superficie de la Tierra se calienta: este es el efecto invernadero. Por tanto, cualquier aporte a la Atmósfera de dióxido de carbono antropogénico, es susceptible de preocupación por los climatólogos, meteorólogos y, en general, por la comunidad científica.

No obstante, como indica Gribbin, (1986), hace uno 600 millones de años, pruebas geológicas, sugieren que la concentración de CO_2 en la Atmósfera pudo haber variado, por medio de causas naturales, entre el 0,02 % y el 0,04 %. Este modesto rango de fluctuación abre el camino a interesantes especulaciones acerca de sí, por ejemplo, una Atmósfera ligeramente más rica en dióxido de carbono pudo haber contribuido al calor

del periodo Carbonífero hace uno 300 millones de años (mediante el efecto invernadero), como al crecimiento de la vegetación de la que se alimentaban los dinosaurios de la época (gracias a la disponibilidad de una mayor cantidad de CO_2 para la fotosíntesis por parte de las plantas).

Para el mismo autor, el comienzo del aumento de la quema de combustibles fósiles data probablemente de la revolución industrial en Europa a finales del siglo XVIII. Cuando se quema 1 Gt, (Gigatonelada = 1000 millones de Tm.), de carbono, éste desprende aproximadamente 4 Gt de dióxido de carbono a la Atmósfera, es decir, 4.000 millones de Tm. de CO_2. Entre 1850 y 1950 se quemaron 60 Gt (60.000 millones de Tm.) de carbono en forma de combustibles fósiles, desprendiendo a la Atmósfera 240 Gt, es decir, 240.000 millones de Tm. de dióxido de carbono. Hasta finales de 1970, «la entrada anual» de dióxido de carbono en la Atmósfera procedente de la quema de combustibles fósiles alcanzó la cifra de 20 Gt. Si el ritmo de la quema de combustibles fósiles desde 1970 a 1993 no se hubiera incrementado, lo cual es difícil de creer, la entrada de dióxido de carbono en la Atmósfera habría sido de 460 Gt, prácticamente el doble que entre 1850 y 1950, es decir, en 23 años se ha incrementado el doble CO_2 en la Atmósfera debido a la quema de combustibles fósiles, que durante los cien años (1850-1950). Aproximadamente el 50 % de dióxido de carbono que entra en la Atmósfera, permanece en ella, el otro 50 % es devuelto a los océanos y a las plantas.

Según Capel Molina (1999) en la actualidad, la continua e incontrolada emisión de subproductos industriales y agrícolas (incremento de CO_2; gases contaminantes industriales, como el metano, el óxido nitroso o los clorofluro metanos; partículas sólidas, tala de bosques por la acción indiscriminada del hombre, junto a la disminución de la capa de ozono; fragilidad de las pluvisilvas ecuatoriales, y fenómeno del Niño) está cambiando los procesos radiactivos de la atmósfera de nuestro planeta a un ritmo sin precedentes. Dichos procesos tienden a intensificarse hasta llegar a incidir en el complejo sistema que determina el clima mundial. En la crisis climática actual —o, como se admite en medios científicos, en el «cambio climático»— interaccionan tanto las causas naturales como aquellas otras derivadas de las actividades del hombre. Aunque en todos los foros científicos se acepta la interferencia del hombre en el cambio climático, de acuerdo con el mismo autor, aún es imposible estimar la magnitud de sus efectos y menos aún a escala regional. Sin embargo, se constata una tendencia actual hacia un lento pero paulatino calentamiento.

No debemos olvidar que la vida media de esos contaminantes liberados a la atmósfera trabaja en contra nuestra. Recordemos que el dióxido de carbono suele durar de 50 a 200 años; que los clorofluorocarbonos tienen de vida media 100 años; que los óxidos de nitrógeno permanecen en la atmósfera hasta 120 años. Y que cada segundo que pasa, 200.000 toneladas más de todos ellos, son inyectadas en el viento atmosférico.

Se ha estimado que, de duplicarse la concentración actual de CO_2 en la atmósfera, podría aumentar en dos o tres grados centígrados la temperatura de la misma. Los problemas derivados del calentamiento global, según los expertos, podrían ser bastante graves, ya que a inundaciones, sequías, tormentas, huracanes, derretimiento de los hielos polares y consiguiente elevación del nivel del mar, hambre, etc., se unirían problemas económicos, pérdidas económicas globales debidas a catástrofes naturales que evaluadas en los años

cincuenta se elevaron a más de 10.000 millones de dólares, y en la década pasada ascendieron a más de 40.000 millones, de los cuales las tres cuartas partes se produjeron en los países en vías de desarrollo.

Según el informe anual que sobre el estado del clima mundial hizo la OMM, durante el segundo semestre de 1997 El Niño llegó a ser más fuerte que el registrado en 1982-1983, que había sido considerado hasta ese momento el más intenso. La anomalía de temperatura de superficie basada tanto en medidas terrestres como marinas del período 1961-1990 aumentó en 1997 hasta el valor máximo registrado del siglo XX (+ 0,44º). El Niño fue uno de los factores más importantes que contribuyó a que la temperatura de la superficie terrestre registrara el mayor aumento del siglo, (...). El Niño podría ser una prueba de laboratorio para el tipo de alteraciones climáticas, a gran escala, que algunos expertos norteamericanos consideran que irán asociados a los cambios climáticos originados por el calentamiento global (Capel Molina, 1998).

El cambio climático es uno de los problemas globales con los que se enfrenta nuestro planeta hoy en día. Otros problemas tales como el crecimiento de la población, la pobreza, el uso insostenible de los recursos no renovables, la pérdida de biodiversidad, la deforestación y la desertificación, deben ser considerados junto con el cambio climático, a la vez que lo alimentan y amplifican; a ello habría que añadir además los efectos del agujero de la capa de ozono. Esta interferencia en el complejo sistema climático se atribuye y reconoce científicamente, desde hace años, a determinadas actividades humanas, principalmente al uso de combustibles fósiles, a alteraciones de los ciclos naturales, a la desaparición de las selvas tropicales y a la agricultura intensiva y químicoindustrial.

Los impactos que este cambio climático está provocando en la composición, estructura y funcionamiento de los diversos ecosistemas están empezando a ser muy serios, incluso en algunos países pueden llegar a ser catastróficos, con perspectivas de sequías muy graves o inundaciones muy frecuentes e intensas, y la posibilidad de un aumento de los episodios de temperaturas extremas, cambios bruscos de temperaturas, alteraciones de los ciclos meteorológicos, todo ello con las consiguientes consecuencias adversas para los hábitats, la economía y el bienestar de la humanidad (Salamanca, 2000).

Además de las conclusiones del Informe GEO 2000 del PNUMA, las previsiones del IPCC de Naciones Unidas y de otros centros de investigación internacional de reconocido prestigio como Max Planck, Godard Institute, Hadley Center, WorldWatch, etc., debemos mencionar algunas de las Conferencias sobre el Cambio Climático: así, la Conferencia de TORONTO de 1988, la Cumbre de RÍO DE JANEIRO de 1992, la Cumbre de MIAMI de 1994, la Primera Reunión Cumbre del Cambio Climático de BERLÍN de 1995, la Segunda Cumbre del Cambio Climático de GINEBRA de 1996, la Tercera Conferencia del Cambio Climático de KYOTO de 1997, la Cuarta Conferencia del Cambio Climático de BUENOS AIRES de 1998, la Cumbre de SANTIAGO DE CHILE de 1998, la Conferencia Cumbre sobre Desarrollo Sostenible de SANTA CRUZ, Bolivia de 1996, la Quinta Conferencia del Cambio Climático de BONN de 1999 y la Sexta Conferencia del Cambio Climático de LA HAYA del año 2000.

De estas Conferencias, dada la extensión de este estudio, sólo vamos a referirnos lo más brevemente posible a la Cumbre de Río de Janeiro de 1992, al Protocolo de Kyoto de 1997 y a la Conferencia de La Haya del 2000:

Del 3 al 14 de Junio de 1992, en *Río de Janeiro (Brasil), se celebró La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo* (CNUMAD), popularmente conocida como «Cumbre de la Tierra»; reunió a 172 gobiernos; fue enriquecida con la participación de organizaciones no gubernamentales (ONGs) y otros grupos importantes en número muy elevado; su compromiso reflejó la importancia de la participación de la sociedad civil en el desarrollo sostenible; tres documentos clave fueron adoptados en la Cumbre:

La *Agenda 21*, un programa global de restauración del medio ambiente, preservación y desarrollo social para ser implementado por los gobiernos, organizaciones de las Naciones Unidas, agencias de desarrollo y empresas privadas en cada una de las áreas donde la actividad humana afecta al medio ambiente.

La *Declaración sobre Medio Ambiente y el Desarrollo*, que incluye 27 principios definidores de las responsabilidades que los estados tienen que asumir para preservar el medio ambiente, pero al mismo tiempo para ejercer el derecho de sus poblaciones al desarrollo.

La *Declaración de Principios del Bosques*, que consiste en un acuerdo jurídicamente no vinculante enfocado a la gestión y preservación de bosques.

También de la Cumbre se derivan dos convenios, uno sobre el **Cambio Climático** y el convenio sobre *Biodiversidad*.

Uno de los convenios que conllevó más discusión fue la firma del **Convenio sobre el Cambio Climático**; este fue firmado y ratificado por 153 países durante la Cumbre de Río de 1992. Su firma quedó abierta, razón por la que el número de países firmantes ha ido aumentado en estos años. El Convenio de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático es uno, entre las series de acuerdos recientes, a través del cual países de todo el mundo trabajan juntos para solucionar este problema. Este convenio se centra en algo particularmente distorsionante: el cambio climático en el que la energía del sol interacciona con y desde la atmósfera de nuestro planeta. Este proceso puede provocar una alteración global de nuestro planeta. Las consecuencias esperadas son el incremento de la temperatura de la superficie terrestre y cambios en los patrones climáticos de todo el mundo.

Para observar los cambios y avances de esta convención existe una Web muy completa en **http://www.unfccc.de**

La Tercera Conferencia de las Partes del Convenio sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, celebrada en Kyoto (Japón) entre el 2 y el 11 de Diciembre de 1997, reunió a más de 10.000 asistentes, entre delegados, observadores de diversas organizaciones y periodistas. Entre los asistentes hubo más de 125 ministros de los países presentes, lo que la convirtió en un de las mayores conferencias sobre el cambio climático celebrada hasta esa fecha.

El resultado más importante de la cumbre, y la razón por la que ésta despertó tanto interés en todo en mundo, fue la adopción de **un protocolo** legalmente vinculante que, por primera vez en la historia de la Humanidad, puso límites a las emisiones de los principales gases de invernadero en los países más prósperos: 39 países se comprometieron a limitar sus emisiones durante el período 2008-2012; los países de la UE las reducirán, conjuntamente, un 8%; EE.UU un 7% y Japón un 6%; Ucrania, Federación Rusa y Nueva Zelanda las mantendrán, y Noruega, Australia e Islandia las aumentarán en un 1, 8 y 10% respectivamente. En términos globales la reducción era de un 5,2%. El resto de los países del

mundo no asumió ninguna limitación en las emisiones de gases de invernadero, a pesar de la postura de EE.UU. y el resto de los países desarrollados (con la excepción de la UE) para que, al menos los mayores países «en vías de desarrollo» adoptaran algún compromiso de limitación de emisiones.

Resulta evidente que la reducción de emisiones es absolutamente insuficiente para frenar de forma apreciable el cambio climático, teniendo en cuenta que las emisiones globales de CO_2 han de disminuirse en más de 50 %, y las de los países desarrollados en mucha mayor medida. Pero incluso como un primer paso, los objetivos acordados quedan muy por debajo de lo necesario, tanto por su cuantía como por estar muy alejados en el tiempo. Es muy importante empezar a reducir ya de forma drástica las emisiones de gases invernadero, tanto para frenar la velocidad de acumulación de gases de invernadero en la atmósfera como para evitar recortes de emisiones excesivamente rápidas en el futuro, que podrían traer problemas económicos y sociales (...). Un examen detenido del protocolo de Kyoto revela que las negociaciones han conseguido introducir en el mismo numerosas «vías de escape», que, de no atajarse, convertirán los mínimos avances de acuerdo en mera apariencia. Si los países ricos hubieran demostrado tanta voluntad e ingenio para encontrar soluciones para el cambio climático como para encontrar vías de escape, que permiten simular una reducción de emisiones sin cambiar substancialmente el modelo energético (que es de lo que se trata), Kyoto hubiera sido realmente un hito histórico (...). A destacar también el papel obstruccionista de las grandes multinacionales de la energía y del automóvil, que organizadas en grupo de presión como la Coalición Global del Clima (GCC) en EE.UU. y la Mesa Redonda de Europa de Industriales (ERT), se oponen a cualquier reducción obligatoria de emisiones, y a las cuales hay que atribuirles en buena medida el resultado final de la cumbre (...). La solución del problema del cambio climático requiere un cambio radical en el actual sistema energético, basado en energías no renovables y contaminantes (petróleo, carbón y gas), que se usan de forma no igualitaria, excesiva y despilfarradora. El nuevo sistema debería tener como base las energías renovables de menor impacto ambiental y un menor consumo energético, con un aprovechamiento mucho más eficaz de la energía, que permita la satisfacción de las necesidades básicas de todos los habitantes del mundo (Rodríguez Murillo, 1998).

A la falta de voluntad política para cambiar el modelo energético injusto, debe unirse la incapacidad para enfrentarse a los intereses de las grandes compañías multinacionales, lo que ha posibilitado la introducción en el Protocolo de Kyoto de conceptos como *el comercio de emisiones,* la reducción de emisiones en los países pobres para apuntársela a los países ricos (*ejecución conjunta)*, la consideración de los sumideros de carbono como compensadores de las emisiones (*emisiones netas)* y el considerar todos los gases de invernadero conjuntamente a la hora de contar las reducciones de emisiones (*cesta de gases).*

La Sexta Conferencia de las Partes de la Convención-Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, celebrada entre el 13 y el 25 de Noviembre del año 2000 en La Haya (Holanda) reunió a más de 6.000 participantes, incluidos representantes de 180 países cuyo objetivo era acordar las regulaciones del Protocolo de Kyoto, terminó en un rotundo fracaso.

El centro de los debates de la Cumbre del Clima de La Haya fue cómo detallar los mecanismos de flexibilidad que los países desarrollados podían utilizar para cumplir las

reducciones de gases de efecto invernadero estipulados en el Protocolo de Kyoto; además, los países de la convención deberían haber llegado a acuerdos acerca de cómo sancionar a quienes no cumplan los objetivos de la reducción establecidos en dicho acuerdo internacional y cómo canalizar la ayuda a los países en desarrollo.

Según la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático de la Cumbre de La Haya, las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados ha caído un 7,8 % en 1998 (último año para el que se disponen de datos globales oficiales) respecto de 1990, como consecuencia de un derrumbe económico significativo, sobre todo en los países de Europa del Este, con la consiguiente disminución de consumo de combustibles fósiles. Estos países, según el Protocolo de Kyoto, deberían bajar conjuntamente sus emisiones en un 5,2 % entre el 2008 y el 2012 con relación al año base. Este dato no debe ser interpretado de manera triunfalista, pues estaba dentro de las previsiones de la década de los noventa; del mismo modo se sabe, que las emisiones del conjunto de los países desarrollados comenzarán a remontar, de manera que hacia el año 2010, si no se toman las medidas pertinentes, las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera se incrementarán hasta un 18 % respecto de 1990. EE.UU., no obstante, supera en un 21,8 % su nivel de contaminación respecto al año base, cuando, según el Protocolo de Kyoto, tendría que haber reducido sus emisiones en un 7 % en el período estipulado. España, que no puede aumentar más del 15 % de sus emisiones (aunque la UE en conjunto se haya comprometido en un –8 %), estaba en 1998 en un 23,2 % de aumento, según la Secretaría de la Convención, respecto al año base. Según estimaciones de CCOO y la asociación Amigos de la Tierra, las emisiones españolas estaban ya en 1999 un 26,8 % por encima del nivel de 1990.

El ministro de Medio Ambiente español, Jaume Matas, pronunció, el 22 de Noviembre, un breve discurso ante el plenario de la Cumbre del Clima de la Haya en el que destacó: «Para España, como país mediterráneo, la lucha contra los efectos adversos del cambio climático es un objetivo prioritario» y anunció más tarde la elaboración de una Estrategia Nacional del Clima, la misma anunciada hace dos años por su antecesora en el cargo, Isabel Tocino, sin que desde entonces, a pesar del espectacular aumento de emisiones de gases efecto invernadero, se haya avanzado en su elaboración (El País, 23 de Noviembre de 2000).

Las negociaciones de la Cumbre de La Haya fueron duras y complicadas; conviene, en este estudio, referirnos sucintamente a los principales *equipos* que agrupan a casi todos los países de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Los principales son: el llamado grupo *paraguas*, que integra, entre otros, a Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia y Nueva Zelanda; el grupo *burbuja*, que engloba a la UE, que tiene un estatus, conocido como tal en la convención, de grupo de países que asume compromisos en conjunto; el *G-77 más China*, en el que están casi todos los países en desarrollo; además están los pequeños países insulares (*AOSIS*, en sus siglas inglesas); el grupo *de Integridad Ambiental* (Suiza, México, Corea, Liechtenstein y Mónaco), que a menudo hace un papel de mediador, y el recientemente creado *Grupo Central 11 (CG11)*, que engloba a los países del Este de Europa excepto Rusia y Ucrania.

Durante las sesiones de la Cumbre de La Haya sobre el Cambio Climático se debatieron fundamentalmente cuatro cuestiones:

Mecanismos de flexibilidad. El protocolo de Kyoto establece tres mecanismos de flexibilidad que pueden utilizar los países desarrollados para cumplir sus reducciones de emisiones: proyectos de desarrollo limpio; proyectos de implementación conjunta entre países desarrollados, y compraventa de cupos de emisiones; en este sentido, un país desarrollado ayuda tecnológicamente a un país en desarrollo y la reducción de emisiones lograda se la apunta el primero en su saldo. La cuestión más debatida fue si se limitaba la utilización de esos mecanismos, como pretendió, con flexibilidad, la UE, para garantizar que el esfuerzo principal lo realiza cada uno en su país, o si no se ponen límites como pretendió EE.UU. y el grupo Paraguas. El G-77 quiso establecer limitaciones muy altas.

Ayudas al desarrollo. Se trató de las ayudas de los países desarrollados a las naciones en desarrollo. Este apoyo se materializó en fondos, en capacitación de expertos, en trasferencia tecnológica y en ayudas para la adaptación a los efectos del cambio climático. El punto conflictivo fue el de los fondos. La UE y EE.UU. propusieron dos fondos controlados por el GEF (organismo de financiación existente para varios programas medioambientales de Naciones Unidas), el G-77 insistió en crear organismos alternativos al considerar al GEF excesivamente lento en la gestión y por estar en manos de los países desarrollados. La ayuda se cifra en 4.000 millones de dólares en cuatro años, mientras que la cantidad actual está en torno a los 2.500 en un plazo igual.

Sumideros de carbono. EE.UU. quiere poder utilizar plenamente la gestión de bosques y masas forestales, mientras que la UE sostiene que este efecto de absorción tiene muchas incertidumbres, como para que países puedan apuntarse el efecto de la masa forestal en sus balances de emisiones. Este punto fue muy debatido y controvertido. Otro punto conflictivo fue si se incluyen o no los bosques y su gestión como proyectos del mecanismo de desarrollo limpio. La UE se opone, EE.UU. está a favor y el G-77 está dividido al respecto.

Cumplimiento. La cuestión aquí fue si se sanciona y cómo a los países que no cumplan sus reducciones de emisiones. EE.UU. se opone a la penalización, mientras que la UE sostiene que debe haber un sistema de cumplimiento obligatorio con medidas de carácter disuasorio (El País, Noviembre de 2000).

Después del rotundo fracaso de la Conferencia de La Haya, los analistas se preguntan por cuáles fueron las razones de tal fracaso. Al respecto, Agnes Sinai (Le Monde diplomatique, edición española, 2001), investigadora de la Escuela de Altos Estudios de Ciencias Sociales, —EHESS— de París, señala que los motivos se derivan de la intransigencia de Estados Unidos y de sus aliados (Japón, Canadá, Australia), el denominado grupo Paraguas, que sólo reconocieron en el Protocolo de Kyoto los mecanismos de flexibilidad; entre estas formas de eludir responsabilidades, se impuso el recurso ilimitado al derecho de emisión (el famoso «derecho a contaminar»), en lugar de la reducción efectiva de las emisiones de gases efecto invernadero mediante políticas nacionales; por otro lado, indica también la misma autora, los *lobbies* industriales estuvieron presentes en los pasillos de La Haya; los más numerosos son los norteamericanos, reunidos en un frente común bajo la bandera de la Cámara de Comercio Internacional (CCI). Su estrategia ha evolucionado: después de haber dado un golpe mortal a las negociaciones sobre el cambio climático, las empresas transnacionales reclaman ahora un enfoque más «constructivo», pero se empecinan en cambio en obtener un uso ilimitado de los mecanismos de flexibilidad inscritos en el Protocolo de Kyoto. Estos *lobbies* tienen intereses económicos en el comercio de los

permisos de emisión, que antes de entrar en vigor (de hacerlo será en el 2008) la gestión de estos permisos es un sector especulativo ya floreciente, habiendo obtenido hasta el presente 50 millardos de dólares (1999) de beneficios y que, según los analistas, las sumas pueden llegar a ser astronómicas dentro de unos años; también intervienen en los sumideros de carbono, en las plantaciones de bosques y en los territorios agrícolas, este es el caso de Americam Farm Bureau Federation (AFBF), que lanzó el agrupamiento de los Farmers Againts the ClimateTreaty (FACT) oponiéndose a toda negociación sobre el clima. Señala, también, que los *lobbies* europeos no se quedan atrás: así, la Unión de Confederaciones de la Industria y de los empresarios de Europa (UNICE) y la Mesa Redonda de Europa de Industriales (ERT), cuentan con un compromiso «voluntario» en la lucha contra el efecto invernadero. Producir más sin consumir más energía, fuera de todo marco obligatorio y fuera de todo control, beneficiándose de los mercados con permiso de emisión y con apoyos del Fondo Mundial para el Medio Ambiente para la implantación de proyectos industriales «limpios» en los países del Sur.

Por otro lado, el Informe sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas del 2001 prevé al menos dos grandes impactos medioambientales debido al calentamiento global: el aumento del nivel del mar y la intensificación del ciclo hidrológico mundial, según sir John Huoghton, del Departamento de Meteorología del Hadley Centre de Londres, que participó en la clausura del Congreso Internacional sobre El Ciclo solar y el Cambio Climático, celebrado en la última semana de Septiembre de 2000 en el Instituto Astrofísico de Canarias en Tenerife. El científico informó que las estimaciones en el aumento de la temperatura en el período entre 1990 y 2100 oscilan entre 1º C y 5º C (el consenso actual de incremento de temperatura global para el 2030 es de 2º C de promedio, que puede implicar un aumento de temperatura varias veces mayor a altas latitudes); indicó, también, que el aumento del nivel del mar, «con una estimación de 50 cm para el final del S. XXI» debida a la expansión del nivel del mar y a la descongelación de los glaciares, afectará sobre todo a amplias zonas costeras en Bangladesh, sur de China, Egipto y numerosas islas de los océanos Índico y Pacífico. El segundo de los impactos previstos, cuyas conclusiones definitivas están aún por determinar, se refiere al ciclo hidrológico global; en este sentido, «un mundo más caliente es un mundo más húmedo, según Houghton, hay más agua en la atmósfera, y por tanto, llueve más. Podemos concluir que las grandes lluvias serán aún más intensas y que, además, habrá una mayor intensidad y frecuencia de los ciclos de sequías e inundaciones».

Según Hans-Joachim Schellnhuber, coordinador del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático, grupo dependiente del Programa de la ONU para el Medio Ambiente y de la Organización Meteorológica Mundial, presentó el 19 de Febrero de 2001 en Ginebra un informe en el que advierte de la amenaza del cambio climático en los sistemas socioeconómicos humanos del tercer milenio. Dicho informe recoge los resultados de las últimas investigaciones realizadas por novecientos científicos de todo el mundo en 420 sistemas físicos y biológicos. Los científicos calcularon que la temperatura en la superficie terrestre aumentará entre 1,4 º C y 5,8º C en los próximos cien años, que el nivel del mar subirá entre 8 y 88 centímetros y que las precipitaciones serán más irregulares. El cambio climático, detectado por los científicos, en la Tierra provocará daños que superarán los 18 billones de pesetas anuales. Schellnhuber destacó que la única forma de minimizar —que no evitar—

los efectos del cambio climático son la aplicación en el ámbito mundial de recortes drásticos en las emisiones de gases de efecto invernadero; calculó que la reducción de las emisiones a la mitad impediría que la temperatura global de la Tierra aumentara dos grados y permitiera estabilizarla en el nivel existente antes de la revolución industrial.

Para confirmar tales afirmaciones, recordamos que un equipo de investigadores dirigido por John Magnuson, de la Universidad de Wisconsin, ha rastreado en los datos de las costumbres de varios países del Hemisferio Norte para demostrar que el calentamiento del planeta es una realidad: la temperatura de la atmósfera cercana a la Tierra se ha incrementado como mínimo en 1,8º C en el último siglo. Necesitaban medidas antiguas y las encontraron. Han rastreado en los archivos de varios países y han hallado, al menos, dos pruebas irrefutables del calentamiento. En primer lugar, accedieron a los libros de actas de los pescadores canadienses, que datan de 1700. Las conclusiones son claras: los ríos canadienses empiezan a congelarse una media de 8,7 días más tarde que hace 150 años. También se demuestra que el hielo comienza romperse 9,8 días antes. Otro de los ejemplos en los que se basaron los científicos se centró en los diarios que celosamente guardan los monjes sintoístas japoneses sobre sus visitas milenarias a determinados templos. En concreto, se ha demostrado cómo hasta hace tan sólo 100 años estos monjes peregrinaban a pie sobre la helada superficie del lago Suwo. Una tradición que ya no puede repetirse porque el lago rara vez se congela. Estos científicos pronostican que el planeta se calentará en el próximo siglo unos cinco grados centígrados. Estos datos se han conocido antes de la Conferencia de La Haya.

El descubrimiento de un lago en el Polo Norte confirma el calentamiento de la Tierra. Los hielos perpetuos del Ártico se han derretido por primera vez en 50 millones de años. El hallazgo ha conmocionado a la escéptica comunidad científica internacional que, a partir de ahora, tiene pruebas, que el cambio climático es algo más que una teoría y de que la Tierra se calienta rápidamente. Fue el oceanógrafo James McCarthy, director del Museo de Zoología de la Universidad de Harvard, el primero en observar este fenómeno cuando, a principios de Agosto del 2000, estaba a bordo de un barco rompehielos ruso.

En este sentido, el profesor de ciencias geológicas de la Universidad de Ohio, Lonie Thompson indica que los casquetes de hielo que cubren las cimas y volcanes del área tropical de Sudamérica y África pueden desaparecer en 15 años por efecto del calentamiento global. Uno de los casos más evidentes de destrucción del hielo es el Kilimanjaro, en Tanzania, que es la cima más alta de África y donde una tercera parte de su casquete de hielo ha desaparecido ya. Lo mismo ocurre en América Latina, donde le casquete de hielo del cerro Quelccaya de Perú se ha reducido al menos en un 20 % desde 1963.

El Informe anual, del año 2001, sobre medio ambiente y desarrollo del WroldWatch Institute que investiga desde hace más de veinte años, señala que los niveles atmosféricos de dióxido de carbono son los más altos en los últimos 20 millones de años. El calentamiento global está en el punto más altos del que se guarda memoria histórica. Los signos de alarma se multiplican: glaciares en franco retroceso; el hielo del Ártico ha disminuido un 42 % en los últimos cincuenta años provocando incrementos en el nivel del mar y alteraciones en la corriente del Golfo, de capital importancia en el clima; cambios, no sólo estacionales, en los campos de presión atmosféricos y en el Jet Stream; el 27 % de los arrecifes de coral ha desaparecido ya, dejando sin hábitat a numerosas especies marinas.

Dicho Informe añade un elemento de reflexión para los poderes políticos y económicos remisos a los argumentos conservacionistas. El cambio climático acelerado en las últimas décadas por el hombre conlleva también pérdidas materiales y económicas abismales. En los últimos diez años, los desastres naturales acrecentados por la acción humana costaron al mundo unos 608.000 millones de dólares. En vidas humanas las pérdidas oscilaron en torno a las 120.000 y millones de desplazados en 1998-1999.

Según David Roodman, del WorldWatch Institute, la solución está en el *desarrollo sostenible* y en la condonación de la deuda de los países subdesarrollados. Así mismo, el uso de la energía eólica, incrementada a gran velocidad en el mundo, con EE.UU., Alemania, Dinamarca y España a la cabeza; la agricultura orgánica, cada vez más utilizada; y la apuesta de la industria del automóvil, a corto y medio plazo, por tecnologías menos contaminantes, son, entre otras, medidas esperanzadas que pueden paliar, en parte, el cambio climático acelerado en las últimas décadas por el frenesí desarrollista del hombre.

5. CONCLUSIONES

Es prioritario que se tomen medidas que eviten el deterioro ambiental en su más amplio sentido; no sólo es necesario que se tomen éstas urgentemente, desde Programas y Proyectos, sino que las administraciones gubernamentales tengan voluntad política para solucionar los problemas derivados de la degradación del medio ambiente.

La toma de conciencia de países tropicales y organizaciones de las Naciones Unidas, están poniendo las bases para paliar la degradación de los bosques tropicales, sabanas, estepas, praderas, llanuras, etc.

En general, se ha llegado a esperar demasiado de las soluciones técnicas a los problemas de desertificación y, al tomar conciencia de ello, en los últimos años se ha puesto a punto nuevos enfoques para luchar contra la degradación de las tierras secas.

Hoy en día se hace hincapié en la participación de las comunidades locales, la reimplantación de estrategias tradicionales en tiempos de estrés medioambiental, como la sequía, y en los problemas que derivan de la marginación de la población rural por parte de los gobiernos, que acostumbran a tener su sede en las ciudades.

El cambio de los combustibles fósiles por las nuevas fuentes de energía alternativas renovable, el ahorro de energía, un uso limitado del automóvil, la disminución como mínimo del 5,2 % de emisiones de gases invernadero previsto en el Protocolo de Kyoto, la ratificación del mismo por EE.UU. (a la fecha de 12 de Junio de 2001 no sólo no lo ha hecho, sino que la administración Bush se ratifica en no hacerlo; en esta fecha el presidente de EE.UU. anunció que no regulará la emisión de dióxido de carbono en su país —cuya industria produce el 25 % de las emisiones de este gas— provocando el repudio mundial; con esta decisión, el presidente George W. Bush pretende aliviar la crisis de la energía eléctrica de su país, que procede de plantas alimentadas con carbón; al mismo tiempo, diluye las esperanzas del mundo de que se cumplan algún día los acuerdos del Protocolo de Kyoto, que sigue sin entrar en vigor), son algunas de las soluciones que los gobiernos deben tomar de inmediato para preservar la salud climática del planeta Tierra y con ello hacer posible el desarrollo sostenible.

Mientras los intereses económicos de grupos de presión y algunos gobiernos prevalezcan sobre los intereses de los convenios internacionales medioambientales las soluciones no parecen ser viables, a pesar de que la mayoría de científicos haya demostrado, que el calentamiento global se incrementará para el año 2050.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA ARILLA, Mª J. et al., (1991): «El hombre y el medio ambiente». *In*: AGUILERA ARILLA, Mª J. et al.: *Geografía General II (Geografía Humana)*. UNED, Madrid, 558 pp.

AGUILERA ARILLA, Mª J. et al., (1989): «Los climas de tipo A y B». *In:* AGUILERA ARILLA, Mª J. et al.: *Geografía General (Geografía Física I)*. UNED, Madrid, pp. 334 y 359.

BARAHONA, E. (2000): «Degradación del suelo». www.edafología.urg.es/conta/htm

BIELZA DE ORY, V. (1989): «La degradación del cuadro natural: Problemas medio ambientales». *In:* BIELZA DE ORY, V. (coord.): *Territorio y Sociedad en España I*. Taurus, Madrid, 410 pp.

DE BOLÓS y CAPDEVILA, Mª. (1978): «La vegetación de España». *In:* De TERÁN, M. y SOLÉ SABARIS, L.: *Geografía General de España*. Ariel, Barcelona, 218 pp.

BROWN, L. (1991): «Los campos de cultivo. Efectos de la erosión». *In:* PORRIT, J.: *Salvemos la Tierra*. Aguilar, S.A. de Ediciones, Barcelona, pp. 63-68.

CANALNATURA (2000): «Los científicos advierten que el frío clima invernal que está afectando al hemisferio norte está adelgazando la capa de ozono sobre el Ártico». http://www.canalnatura.com/pages/noticias/Archivo.htm

CAPEL MOLINA, J.J. (1998): «El Niño 1997-1998 y su impacto climático global». *Papeles de Geografía 27*. Universidad de Murcia. 16 pp.

CAPEL MOLINA, J.J. (1999): *«El Niño» y el sistema climático terrestre*. Ariel Geografía. Barcelona. 21 pp.

CASCOS MARAÑA, C. (1993): «La variedad del clima y del paisaje vegetal». *In:* MÉNDEZ, R. y MOLINERO, F. (Coordinadores): *Geografía de España*. Ariel, Barcelona, 196 pp.

CNN en español (2000): «El agujero en la capa de ozono es el mayor de la historia, dice la NASA». http://www.ecomedio. com.ar/documentos/noticias. htm

ECOLOGÍA. LA INSIGNIA (2000): «La ONU advierte sobre el crecimiento del agujero de la capa de ozono». http://www.lainsignia.org/2000/sept/ecolo-006.htm

EDUCACIÓN AMBIENTAL (2001): «Origen de la Contaminación Atmosférica». http://www.jmarcano.vr9.com/recursos/contamin/catmosf4.html

FRANCO ALIAGA, T. (1996): «La flora y la fauna». *In:* FRANCO ALIAGA, T.: *Geografía Física de España*. UNED, Madrid, 313 pp.

GARCÍA, I. & DORRONSORO, C. (2000): «Contaminación del suelo». Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada.

GRAEDEL, T.E. & CRUTZEN, P.J. (1998): «Una atmósfera cambiante». *Investigación y Ciencia*. Scientific American (Edición española). 2º trimestre, pp. 89, 99, 102.

GRIBBIN, J. (1986): *El Clima Futuro*. Biblioteca Científica Salvat. Salvat Ediciones. Barcelona. pp. 160, 161, 167, 169, 178.

GRIBBIN, J. et al. (1988): *El libro del clima. El tiempo en España*. Ed. Folio. Madrid. 190 pp.

HALL, D. & SCURLOCK, J. (1991): «Las praderas. La defensa de las llanuras». *In:* PORRITT, J.: *Salvemos la Tierra*. Aguilar, S.A. de Ediciones, Barcelona, pp. 57-61.

LÓPEZ BERMÚDEZ, Fco. (1994): «Degradación del suelo, ¿fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo». *Papeles de Geografía, 20*. Universidad de Murcia. pp. 50, 51.

LÓPEZ BERMÚDEZ, Fco. et al. (1998): «Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de Investigación». *Papeles de Geografía, 28*. Universidad de Murcia. 78 pp.

LÓPEZ BERMÚDEZ, Fco. (2000): «Impactos regionales del cambio climático. Valoración de la vulnerabilidad». *Papeles de Geografía, 32*. Universidad de Murcia. 83 pp.

MARTÍN GÓMEZ, F.G. (1999): «Capa de Ozono y su Degradación». http://www.ambiente-ecologico.com/revist63/fabian63.htm

MÉRAGA, J.L. (2000): «La Desertificación». http://www.fundasur.org.ar/ladesertificacion.htm

MATEU BELLÉS, J. (1993): «Riesgos naturales y protección del medio ambiente». *In:* MÉNDEZ, R. y MOLINERO, F.: *Geografía de España*. Ariel Geografía, Barcelona, 286 pp.

MYERS, N. (1991): «El bosque tropical. La desaparición del bosque». *In:* PORRITT, J.: *Salvemos la Tierra*. Aguilar, S.A de Ediciones, Barcelona, pp. 47-54.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA ESPAÑA (2000): «Mensaje del Secretario Gral. con motivo del día internacional para la preservación de la capa de ozono». http://www.onu.org/sg/mensajes/2000/htm

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2000): «Un 15 por ciento de la capa de ozono ha quedado destruida». http://www.imasd-tegnologia.com/imasd/abril00/0400ma3.htm

PLANS, P. et al. (1984): «Los Medios naturales tropicales». «Los Medios naturales «templados»: oceánico y continental». *In:* PLANS, P. et al.: *Introducción a la Geografía General*. EUNSA., Navarra, pp. 168, 198.

PROGRAMA 21 (1997): «Ordenación de los ecosistemas frágiles: Lucha contra la desertificación y la sequía». Informes de avance. FAO, junio 1997. http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/SUSTDEN/SP direct/E.htm

PROYECTOGEO (2000): «La capa de ozono se deteriora más». http://www.proyectogeo.com.ar/noticias/octubre/htm

RENNIE de CAMINO, V. (1997): *Programa de investigación sobre metodologías de seguimiento y evolución de proyectos de manejo de recursos naturales en América Latina y el Caribe*. Dpto. de Recursos Naturales. Universidad de la Paz. San José. Costa Rica.

RODGERS, W. A. (1997): *Modelos de pérdida de Biodiversidad Forestal. Una perspectiva mundial*. XI Congreso Forestal Mundial. (13 a 22 de Octubre de 1997) Volumen 2, Tema 17. Antalya. Turquía.

RODRÍGUEZ MURILLO, J.C. (1998): «Cambio climático: Sobre el Protocolo de Kyoto y qué hacer después». CSIC. AEDENAT. http://www.habitat.aq.upm.es/boletin/n5/ajmur.htm

SALAMANCA, A. (2000): «Impactos del cambio climático». http://www.ecojusticia.org

SINAI, A. (2001): «El clima, rehén de los lobbies industriales». *Le Monde diplomatique*. Febrero. Año VI. Nº 64. Edición española.

SCHERR, S. J. (1999): «Degradación del suelo: ¿Una amenaza para la seguridad alimentaria de los países en desarrollo en el año 2020?». http://www.ifpri.cgiar.org/Spanish/2020/brielfs.htm

STRAHLER, A. N. (1977): *Geografía Física*. Omega. Barcelona. 352 pp.

UNIÓN RADIO (2000): «Predicen que el agujero de la capa de ozono se cerrará en el 2050». http://www.unionradio.com.ve/noticias/ciencia.htm

WASTE MAGAZINE (2000): «Desertización. Conferencia de Naciones Unidas para la lucha contra de desertización». http://www.ideal.es/waste

WOLD RAIFORES MOVEMENT (1998): «Causa subyacentes de la deforestación y degradación del bosque húmedo tropical en el Pacífico colombino». Maldonado 1858-11200. Montevideo. Uruguay. wrm@wrm.org.uy

www.cofis.es (2000): «La erosión y la desertificación».

www.ozono.dcsc.ntfsm (1997): «Los primeros descubrimientos del agujero de Ozono».