

EXPLOTACION Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES



JOSE LUIS FUENTES YAGÜE
Ingeniero Agrónomo



EXPLOTACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

EXPLOTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

Dentro de un ecosistema, la materia y la energía pasan a través de los organismos que lo componen. Pero puede ocurrir que una parte de la biomasa salga fuera del ecosistema para consumirse fuera de él; en este caso se dice que hay una explotación de dicho ecosistema.

La explotación de un ecosistema puede darse de una forma natural, como es el caso de las aves migratorias que permanecen durante algún tiempo en un humedal; pero lo más frecuente es la explotación producida por el hombre, que actúa como consumidor primario y secundario (cuando se alimenta de vegetales y de animales, respectivamente) y como descomponedor (cuando, por ejemplo, quema la madera).

En un ecosistema equilibrado, la energía fluye a través de los diferentes organismos que lo componen; cuando el hombre extrae una parte de la energía, el ecosistema reacciona de alguna forma ante esa falta de energía, según la intensidad de la explotación:

- *Explotación escasa.* Se extrae poca biomasa, como ocurre, por ejemplo, cuando se entresacan los árboles de un bosque. El ecosistema puede seguir con las mismas especies que antes, con algunas pequeñas variaciones de equilibrio entre ellas.
- *Explotación mediana.* Se extrae una cantidad mediana de biomasa, como ocurre, por ejemplo, cuando se suprime el matorral y parte de los árboles de un bosque mediterráneo para convertirlo en dehesa aprovechable para pasto. En este caso disminuye el número de especies del ecosistema y se modifican las relaciones entre las especies que quedan, pero se mantiene la estabilidad del ecosistema.
- *Explotación intensa.* Se extrae una considerable cantidad de biomasa, como ocurre, por ejemplo, en el monocultivo, donde se cultiva intensamente una sola especie. En este caso se pierden los



mecanismos de regulación del ecosistema y, en consecuencia, el agricultor tiene que proporcionarlos de una forma artificial. Se extrae una gran cantidad de energía en forma de cosechas; pero el agricultor, a su vez, tiene que gastar una apreciable cantidad de energía en los mecanismos de regulación, usando para ello diversas técnicas: abonado (para suplir la deficiencia de nutrientes en el suelo), pesticidas (para luchar contra plagas, enfermedades y malas hierbas), riego (para aumentar el contenido de humedad en el suelo), etc. Cuando la explotación es muy intensa y el hombre no proporciona los mecanismos adecuados de regulación se puede producir una degradación irreversible del ecosistema, sin posibilidad de recuperación, como es el caso de la erosión del suelo.

Los recursos naturales que puede aprovechar el hombre son de dos categorías:

- *Renovables*. La naturaleza tiene capacidad para renovarlos con mucha rapidez. La agricultura, la ganadería, la explotación forestal, la caza y la pesca explotan recursos renovables. El rendimiento presente y futuro que se obtenga de esos recursos dependerá del uso que se haga de ellos.
- *No renovables*. Son aquellos recursos que existen en cantidades limitadas porque la naturaleza los renueva con mucha lentitud. Los minerales y los combustibles fósiles pertenecen a esta categoría, cuya explotación terminará el día en que se agoten. En el caso de los minerales cabría la posibilidad de reciclarlos.

La agricultura

El hombre sustituye los ecosistemas naturales por ecosistemas agrícolas, de mayor productividad neta. En muchos casos se instala un productor único (trigo, remolacha) y el hombre actúa como único consumidor, con una cadena trófica muy sencilla. Cuando intervienen otros productores que no interesan (malas hierbas) u otros consumidores que compiten con el hombre (insectos) se eliminan. En otros casos se instalan ecosistemas un poco más avanzados, con productores únicos (alfalfa) o más variados (pradera polifita) sobre los que actúan los animales domésticos como consumidores primarios, y el hombre como consumidor secundario.

La explotación de los ecosistemas por el hombre supone un proceso contrario a la sucesión ecológica. Se gana en productividad neta, pero se pierde en diversidad, estabilidad y cantidad total de biomasa.

La destrucción de un ecosistema natural para dedicarlo a cultivo se puede lograr en muy poco tiempo (quema o tala de un bosque), pero el proceso contrario, de regeneración, requiere muchos años. Por ejemplo, un campo de cultivo de cereal abandonado en la Meseta de Castilla se cubre en seguida de plantas anuales, predominantemente gramíneas, que constitúan las malas hierbas del cultivo anterior. A continuación se forma un pastizal con plantas bisanuales o perennes (gramíneas, leguminosas, tomillos). A medida que avanza el tiempo se va formando un matorral arbustivo (jara, retama). Al cabo de muchos años este matorral arbustivo dará paso a una vegetación arbórea en donde seguramente predominará la encina (Figura 1). En cada etapa sucesiva aumenta el número de especies, que se traduce en una mayor estabilidad, lo que se pone de manifiesto en que esa etapa dura mucho más que la anterior.

CEREAL	PASTIZAL DE PLANTAS ANUALES	PASTIZAL DE PLANTAS BISANUALES O PERENNES	MATORRAL ARBUSTIVO	BOSQUE CON PREDOMINIO DE LA ENCINA
1	2	3	4	5

Figura 1. Diferentes etapas de la regeneración de un encinar a partir de un campo de cultivo abandonado.

Entre los conflictos planteados entre agricultura y naturaleza cabe destacar:

- La degradación de ecosistemas naturales, ocasionada por una irracional transformación de bosques y pastos en terrenos agrícolas. En épocas de penuria se han roturado terrenos con una pendiente excesiva, que después se han abandonado, encontrándose ahora cubiertos de un matorral sin ningún aprovechamiento.
- La progresiva destrucción de la selva ecuatorial para crear agricultura en unos suelos que se agotan en muy poco tiempo. Aparte



de las consecuencias ecológicas derivadas de la pérdida de la selva ecuatorial, se está creando una agricultura dependiente de fuertes aportaciones de fertilizantes minerales, sin muchas posibilidades de subsistencia en muchos casos.

- El uso abusivo de fertilizantes ocasiona con frecuencia la contaminación del agua. Las elevadas dosis de abonos minerales empleados en la agricultura intensiva pueden contaminar los ríos y los acuíferos. La ganadería intensiva genera grandes cantidades de estiércol, que manejado inadecuadamente es fuente de contaminación de las aguas.

-
- El uso inadecuado de pesticidas, que se van acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, origina intoxicación en los niveles tróficos más elevados, incluido el hombre.
 - El sobrepastoreo, la deforestación, el monocultivo prolongado y las malas técnicas agrícolas causan erosión en los suelos, sobre todo en zonas áridas y en terreno inclinado.

El conocimiento de las relaciones suelo-planta, los flujos de materia y de energía en un ecosistema agrícola y las relaciones de unas plantas con otras y con los animales ayudarán a utilizar mejor las tecnologías propias del sistema, tales como el laboreo, la fertilización, el riego, etc.

Consecuencias de la explotación de los ecosistemas

Durante muchos milenios el comportamiento del hombre con respecto a la naturaleza era semejante al de los demás animales. Los mecanismos reguladores de los ecosistemas controlaban el crecimiento de la población humana, tanto como el de los demás animales. Sin embargo, hace unos 10.000 años hubo un cambio en el comportamiento humano, como consecuencia de su capacidad para manipular la energía ajena a la de su propio organismo. Por otra parte, el desarrollo de la cultura permitió que los conocimientos adquiridos por un individuo o una generación se transmitieran a generaciones posteriores.

El fuego quizá haya sido la primera energía externa aprovechada por el hombre, sucediéndose otras a lo largo de los siglos: la energía del viento, de las corrientes de agua, la de los combustibles fósiles, etc.

El medio natural ha sido modificado profundamente por el hombre para extraer los recursos necesarios para su supervivencia. Una explotación racional de los ecosistemas, aun a costa de grandes transformaciones, le permite sacar grandes beneficios, a la vez que se evita la destrucción de medios naturales. Por ejemplo, si en una cascada se instala una turbina para mover un molino u obtener energía eléctrica, no cabe duda de que la humanidad saca mayor beneficio que si el agua fuera desgastando lentamente las piedras del cauce; un terreno de cultivo, en donde la energía solar se transforma en vegetales comestibles, es más beneficioso al hombre que si el sol incidiera sobre el suelo desnudo. En cambio, una explotación irracional de los ecosistemas, deri-



vada a veces de un insuficiente conocimiento del medio, ocasiona una degradación muy profunda del mismo: agotamiento de recursos renovables, desaparición de especies vegetales y animales, contaminación del aire, del suelo y del agua, erosión, etc.

La contaminación

La contaminación consiste en añadir elementos indeseables a un ecosistema. Los componentes del ecosistema que se contaminan pueden ser: el aire, el agua, el suelo y los seres vivos. Los factores contaminantes suelen ser sustancias químicas, pero también puede haber contaminación producida por calor, ruido, luz, ciertos seres vivos, etc.

Contaminación del aire.

La contaminación del aire puede consistir en la incorporación de sustancias extrañas o en la modificación de la proporción de sus componentes.

Las sustancias extrañas incorporadas proceden, en su mayor parte, de la combustión de combustibles fósiles y sus derivados y de diferentes procesos industriales. Algunas de estas sustancias producen efectos negativos sobre los seres vivos (son tóxicas o cancerígenas). En otros casos esas sustancias se combinan entre sí o con los compuestos naturales de la atmósfera, provocando efectos de difícil predicción. Tal es el caso de la destrucción de una parte considerable de la capa de ozono de la atmósfera.

Ciertos óxidos de azufre y de nitrógeno se combinan con el vapor de agua atmosférico y producen ácidos fuertes (ácido sulfúrico y nítrico, respectivamente), que al caer junto con la lluvia (lluvia ácida) provocan la acidificación de las aguas (con la consiguiente repercusión en los organismos acuáticos) y graves daños en los ecosistemas terrestres. Los gases pueden ser arrastrados por el viento a grandes distancias, por lo que los efectos de la lluvia ácida se pueden sentir en regiones muy alejadas de los lugares en donde se producen. Grandes extensiones de bosques centroeuropeos, especialmente de coníferas, están seriamente afectadas por esta contaminación.

El dióxido de carbono es un componente natural de la atmósfera, cuya concentración ha permanecido constante desde la prehistoria.

Pero desde mediados de este siglo se ha observado un aumento considerable, debido sobre todo a las combustiones de combustibles fósiles, provocando un aumento de la temperatura del aire. El dióxido de carbono, que deja pasar la luz solar, no deja pasar el calor procedente de la irradiación terrestre, produciendo un efecto semejante a la cubierta de un invernadero, que deja pasar hacia dentro la luz sol, pero el calor producido dentro del invernadero pasa con dificultad hacia fuera, lo que produce un calentamiento del interior del invernadero (*efecto invernadero*).

Contaminación del agua.

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas está provocada por diversos productos: aguas fecales y detergentes de uso doméstico, fertilizantes y pesticidas procedentes de las tierras cultivadas, residuos industriales, agua caliente procedente de circuitos de refrigeración, etc. Como consecuencia de la contaminación, la vida acuática se resiente y muchas veces desaparece.

En ocasiones, una aportación de sustancias con excesiva cantidad de nutrientes provoca un desequilibrio en los ecosistemas acuáticos, lo que fomenta una excesiva proliferación de microorganismos, que consumen el oxígeno disuelto en el agua, en perjuicio de otros seres vivos de la comunidad.

La contaminación del mar abierto se produce sobre todo por petróleo, debido a accidentes y al vertido de las aguas procedentes de la limpieza de los tanques de los petroleros. En los mares cerrados, a esta contaminación hay que añadir la producida desde las costas. Muchas sustancias nocivas que se vierten al mar no son biodegradables y pasan a las cadenas tróficas, con lo que aumenta la mortalidad y se reduce la natalidad de muchas especies.

Contaminación del suelo.

Se considera agente de contaminación del suelo todo aquello que degrada su calidad. Los contaminantes pueden ser productos útiles que alcanzan concentraciones elevadas o residuos procedentes de un proceso de producción de algo útil. Cuando estos residuos se acumulan sobre un área pequeña ocasionan problemas de contaminación, mientras que si se distribuyen en un área grande pueden ser fácilmente descompuestos en productos inofensivos.



Los pesticidas que directa o indirectamente llegan al suelo agrícola experimentan una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que los descomponen en más o menos tiempo. Algunos se degradan en pocos días o semanas, mientras que otros permanecen activos durante meses o años. Lo deseable sería que se degradaran inmediatamente después de haber cumplido su misión.

Los excedentes de fertilizantes no absorbidos por las plantas quedan en el suelo, desde donde una parte más o menos grande puede ser arrastrada a las aguas superficiales o subterráneas.

Los metales pesados (procedentes de residuos sólidos urbanos, del estiércol de aves y porcino alimentados con piensos compuestos y de otras fuentes) se pueden acumular en exceso en el suelo, ocasionando una contaminación que puede durar muchos años. Los plásticos y otros productos no degradables pueden también ocasionar contaminación duradera.

La erosión

La erosión, en sentido amplio, consiste en extraer elementos deseables de un ecosistema. En un sentido más estricto la erosión consiste en un desgaste de la superficie terrestre provocado por el agua o por el viento.

La desaparición de la cubierta vegetal (consecuencia del sobrepastoreo, la deforestación, los incendios forestales, las malas técnicas agrícolas, etc.) deja el suelo desprotegido contra la erosión, y cuando ésta se produce desaparece el sustrato necesario para que la vegetación pueda regenerarse, apareciendo el desierto en un plazo más o menos largo.

En un sentido amplio se puede hablar de la erosión de los componentes bióticos de un ecosistema. La disminución del número de especies de un ecosistema compromete su estabilidad, ya que ésta depende de la diversidad de los seres vivos que lo componen. Aparte de ello, la diversidad es una fuente potencial de genes, que en cualquier momento se pueden utilizar para mejorar las variedades de plantas y las razas de animales domésticos.

Las especies endémicas son las más vulnerables, debido a su reducida área de distribución. Cualquier modificación del medio natural puede resultar fatal en este caso. España es el país europeo con mayor

número de especies vegetales endémicas, y también el país con mayor número de especies amenazadas de extinción. Los archipiélagos de Baleares y Canarias son las regiones más ricas en endemismos, y también donde el riesgo de desaparición de especies es más grave.

EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y DE LOS RECURSOS

Crecimiento es distinto de desarrollo. Cuando una cosa crece se hace más grande; cuando una cosa se desarrolla se hace más armónica, pero no necesariamente más grande. La Tierra se ha desarrollado a lo largo del tiempo, pero no ha crecido. Cualquier sistema contenido en la Tierra, como es el caso de la economía, tiene que adoptar el mismo modelo, es decir, puede desarrollarse, pero no puede crecer indefinidamente.

Hay dos modelos de crecimiento: lineal y exponencial. En el *crecimiento lineal* el aumento es constante durante el mismo periodo de tiempo. Por ejemplo, si un operario tarda una hora en montar un aparato determinado, al cabo de 2 horas habrá montado 2 aparatos, al cabo de 3 horas habrá montado 3 aparatos, y así sucesivamente.

En el *crecimiento exponencial* el aumento es proporcional a lo que ya existía. Por ejemplo, supongamos una colonia de bacterias que se duplica cada cuarto de hora. Al cabo del primer cuarto de hora cada bacteria de lugar a 2; al cabo del segundo cuarto de hora habrá dado lugar a 4; al cabo del tercer cuarto de hora habrá dado lugar a 8; y así sucesivamente. Cuantas más bacterias haya, mayor será la cantidad de bacterias que se añaden a la colonia por cada cuarto de hora transcurrido (Figura 2).

La población humana, el capital industrial, la producción de alimentos y de otros recursos y la contaminación son factores económicos que tienden a crecer exponencialmente cuando hay condiciones favorables.

El crecimiento exponencial puede ser positivo o negativo. En el caso de la población, si la fertilidad es mayor que la mortalidad, la población crece. Si la mortalidad es mayor que la fertilidad, la población decrece. Cuando la fertilidad y la mortalidad se igualan se logra un estado de equilibrio, sin aumento ni disminución de la población (Figura 3).

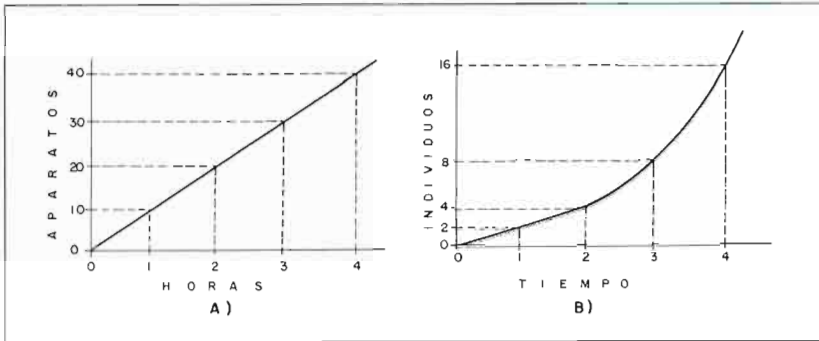


Figura 2. A) Crecimiento lineal; B) Crecimiento exponencial.

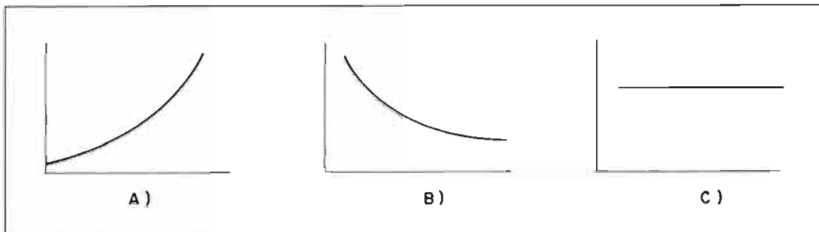


Figura 3. A) Crecimiento exponencial positivo; B) Crecimiento exponencial negativo; C) Situación de equilibrio.

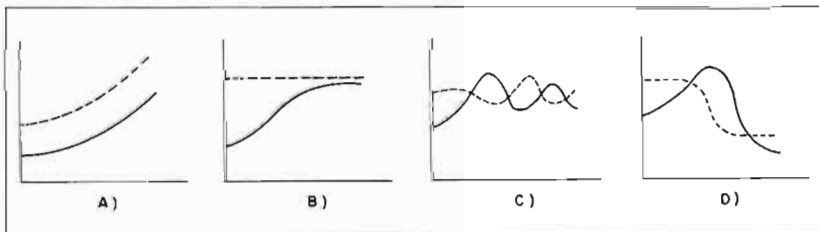


Figura 4. Formas de crecimiento con respecto a la capacidad de sustentación.

A) Crecimiento continuo; B) Crecimiento sigmoideo; C) Sobrepasamiento y oscilación; D) Sobrepasamiento y colapso.

El crecimiento de una población o de una economía con respecto a su capacidad de sustentación se puede hacer de cuatro formas (Figura 4):

- *Crecimiento continuo.* Se produce cuando la capacidad de sustentación crece al mismo ritmo o mayor que el crecimiento de la población o de la economía
- *Crecimiento sigmoideo o en forma de S.* El crecimiento es rápido hasta que alcanza límites próximos a la capacidad de sustentación, en donde se estabiliza. En este tipo de crecimiento la población o la economía se limitan por sí mismas. El crecimiento se detiene porque se reciben señales oportunas de dónde se encuentra con respecto a sus límites, y porque se responde acertadamente a esas señales.
- *Sobrepasamiento y oscilación.* La población o la economía sobrepasan los límites de la capacidad de sustentación, pero bajan de nuevo, oscilando alrededor de esos límites hasta que se estabilizan. Esta forma de crecimiento se produce cuando hay un retraso en la percepción de las señales o cuando se retrasa la respuesta. Todo ello a condición de que el medio no resulte erosionado de forma irreversible, y pueda repararse a sí mismo durante las épocas de sobrecarga.
- *Sobrepasamiento y colapso.* La población y la economía sobrepasan los límites de la capacidad de sustentación, pero el medio ambiente se ha deteriorado de forma irreversible y se produce el colapso, con bajada brusca, tanto de la capacidad de sustentación como de la población o la economía. El resultado es un nivel de vida mucho más bajo que el que hubiera habido si no se hubiera producido la sobrecarga.

Por ejemplo, una sobrepoblación de animales herbívoros elimina hasta las raíces de las hierbas. Como consecuencia, el suelo se erosiona y cada vez hay menos vegetación. Al final del proceso, tanto la vegetación como el número de animales que soporta es menor que al principio.

Un pueblo hambriento trabaja la tierra de forma tan exhaustiva que la empobrece. La escasez de alimento conduce a una pérdida de fertilidad del suelo, lo que acarrea mayor escasez de alimentos y más hambre.



Crecimiento de la población humana

Se estima que la población humana alcanzó la cifra de unos 10 millones de personas hace unos 8.000 años. Hasta entonces el hombre había vivido formando tribus nómadas que se alimentaban de animales y vegetales que les brindaba la Naturaleza. Cuando estos recursos fueron insuficientes para abastecer a la población de las zonas más pobladas, algunos pueblos emigraron a otras zonas donde todavía abundaban los recursos gratuitos, mientras que otros empezaron a cultivar plantas y domesticar animales.

El establecimiento de la agricultura fue una respuesta a la escasez de recursos salvajes, lo que permitió un crecimiento de la población.

Al comienzo del Imperio Romano la población mundial alcanzó la cifra de 150 millones de habitantes, continuando el crecimiento hasta que en 1650 se alcanzó la cifra de 550 millones. A lo largo de este intervalo, el crecimiento experimentó grandes fluctuaciones, debido a diversas causas que aumentaban la mortalidad (conflictos armados, técnicas agrícolas muy mediocres, movimientos migratorios).

A partir del siglo XVIII el crecimiento demográfico se hace más regular, sobre todo en Europa. Se introducen nuevos cultivos (como la patata y el maíz en Europa), se descubren nuevas tecnologías agrícolas, como, por ejemplo, el abonado en verde y el cultivo de leguminosas, que enriquecen las tierras con nitrógeno.

La revolución industrial empezó en Inglaterra hacia 1750, debido a que el incremento de la población había causado la disminución de la superficie dedicada a los bosques, que producían madera. Al sustituir la madera por el carbón surgieron una serie de problemas de tipo práctico (construcción de minas, bombeo de agua, transporte de materiales, etc) que fueron resueltos por un desarrollo espectacular de la ciencia y la tecnología. Las máquinas fueron sustituyendo a la tierra como medio de producción principal.

En 1750 la población mundial era de 800 millones de habitantes, con un ritmo de crecimiento que supondría la duplicación al cabo de 200 años. En 1953 la población era de 2.500 millones, y en 1988 llegó a los 5.000 millones, con un ritmo de crecimiento que ha supuesto la duplicación en un periodo de 35 años. En la actualidad el incremento anual de la población es de 90 millones, equivalente a la población de México (Figura 5).

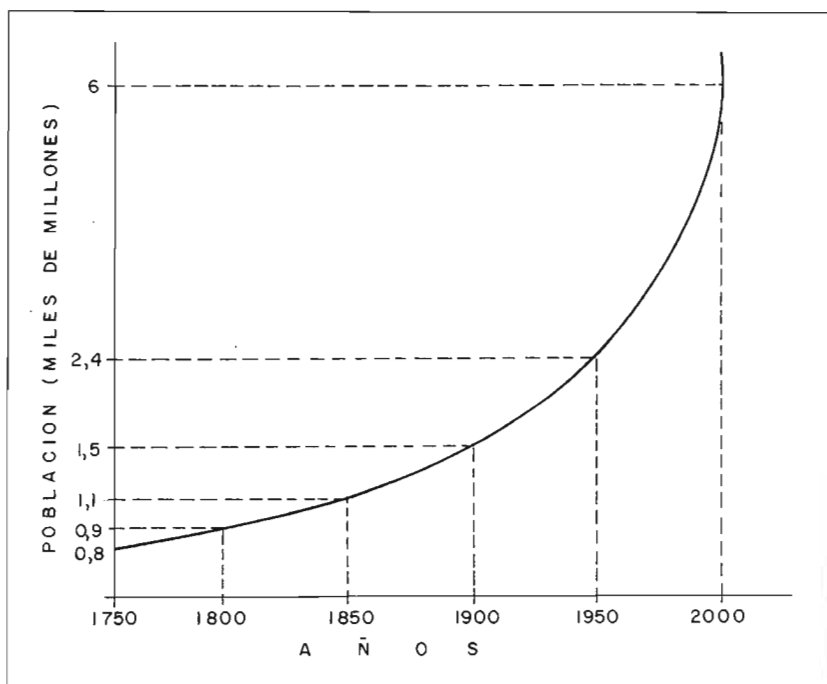


Figura 5. Crecimiento de la población mundial durante la era industrial.

La producción de alimentos

La producción mundial de alimentos basta para abastecer a la población mundial adecuadamente, si la distribución se hiciera de forma equitativa. Como el reparto es desigual, una parte de la población se alimenta con abundancia, otra parte de forma moderada y otra parte con escasez. En la actualidad 1.000 millones de personas comen menos de lo necesario (en cantidad o calidad) y otros 500-1.000 millones pasan hambre cada día.

Los granos de cereales, junto con los de algunas leguminosas, constituyen la base de la alimentación humana. Se consumen directamente o sirven de pienso para los animales productores de carne y leche.

En la segunda mitad del siglo actual la producción de cereales se ha triplicado, debido fundamentalmente al incremento de los rendi-



mientos en los países industrializados. En estos países los rendimientos se están aproximando a sus límites, mientras que en otros en vías de industrialización están creciendo con rapidez.

El límite primordial en la producción de alimentos está en la disponibilidad de tierra cultivable y en el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo del suelo agrícola. En los últimos 40 años la superficie agrícola mundial se ha mantenido en torno a 1.400 millones de hectáreas y no es probable que aumente en el futuro. La pérdida de tierras cultivadas por efectos de la erosión, salinización y desertización se han compensado con la incorporación de nuevas tierras al cultivo. No es deseable que haya nuevas incorporaciones, pues de otra forma habría que dedicar a la agricultura tierras que es preciso conservar en su estado natural, si no se quieren poner en peligro sistemas ecológicos insustituibles.

Para satisfacer las necesidades de alimentación a lo largo de los años se han de tomar medidas que mantengan al suelo en un buen estado de fertilidad. Ello exige apoyar y potenciar formas de cultivo sostenible. La explotación agraria, en sus vertientes de agricultura, ganadería y explotación forestal, debe ser una parte de la gestión del suelo, dirigida a satisfacer las necesidades del hombre y al cuidado del medio natural.

La tierra que se cultiva actualmente, con sus rendimientos, puede abastecer de alimentos a la población actual. Con un incremento posible de los rendimientos (sobre todo en países en vías de industrialización) y menores índices de desperdicio entre la cosecha y el consumo se podía abastecer a una población el doble que la actual. Pero si la erosión continúa al mismo ritmo que actualmente y la consecución de esos altos rendimientos supone graves riesgos medioambientales, es probable que los alimentos puedan escasear a nivel mundial en un futuro no muy lejano, suponiendo que la población siga aumentando al ritmo actual.

La energía

El hombre utiliza la energía contenida en los alimentos para ejercer sus actividades vitales; pero, a diferencia de los demás animales, utiliza otra energía no alimentaria para ejercer otras actividades no vitales, cuyo conjunto constituye la civilización. La primera es la *energía endosomática*, y la segunda, la *energía exosomática*.

El consumo mundial de energía exosomática es 1'65 tep (tonelada equivalente de petróleo) por habitante y año; pero el reparto es muy desigual, pues mientras en EEUU es de 7'88 tep, en Africa Subsahariana es 0'5 tep, y en el sur de Asia, de 0'4 tep. La energía endosomática, suponiendo un consumo de 2.500 kilocalorías diarias, equivale a 0'09 tep por habitante y año, lo que representa un consumo 18 veces menor que el de la energía exosomática.

El 78% de la energía exosomática producida proviene de los combustibles fósiles (33% del petróleo, 27% del carbón y 18% del gas natural), el 17% proviene de fuentes renovables (sobre todo de la energía hidráulica y de la biomasa) y el 5% restante proviene de la energía nuclear.

La cifra correspondiente a las energías renovables es estimativa, ya que una gran parte de la biomasa es en forma de leña, que se recoge directamente y no se comercializa. Para casi la mitad de la población mundial, la leña es la principal fuente de energía para cocinar y para calefacción. Ello representa un 35% de la energía total consumida en el conjunto de los países del Tercer Mundo, en donde unos 2.000 millones de personas carecen de electricidad.

Las reservas conocidas de petróleo y gas en 1995 son mayores que lo eran en 1970, debido al hallazgo de nuevos yacimientos. Si el consumo se mantuviera al ritmo actual, las reservas conocidas de petróleo durarían unos 40 años, las de gas durarían 60 años y las de carbón durarían 800 años.

Los combustibles fósiles son fuentes de energía no renovable. Los productos procedentes de sus combustión no se combinan nuevamente para reconstruir esos mismos u otros combustibles; en cambio dan lugar a productos contaminantes. Aunque las reservas no conocidas de estos combustibles pudiera ser muy grande, al fin y al cabo son finitas y se agotarán en un plazo más o menos lejano.

El consumo de combustibles fósiles está limitado en el tiempo, tanto por el agotamiento de los yacimientos como por el incremento de la contaminación originada. El agotamiento no ocurrirá de un modo repentino, sino que se producirá como consecuencia de un aumento de los costes de extracción, derivado de una reducción de la concentración del producto o difícil acceso a las explotaciones.

El consumo de combustibles fósiles puede reducirse utilizándolos con mayor eficiencia. Si EEUU actuase con niveles de eficiencia



semejantes a los de Europa Occidental y Japón, el consumo mundial de combustibles fósiles se reduciría en un 13%. Se conseguirían cifras de mayor ahorro si mejorara la eficiencia en los países que tuvieron la economía dirigida y en aquellos otros que se encuentran en vías de industrialización. Un ruso consume tanta energía como un suizo y, sin embargo, tiene un nivel de vida mucho más bajo. De cualquier forma, la mejor eficiencia en el consumo prologaría el agotamiento de estos recursos, pero no lo evitaría.

Habrà que plantearse el futuro en función de energías renovables, que dependen directamente o indirectamente de la energía solar (radiación solar, viento, hidroelectricidad, biomasa) o en función de energías prácticamente inagotables (combustión del hidrógeno, fusión nuclear).

En algunas zonas donde resulta muy costosa la conexión con la red convencional, la electricidad generada por la radiación solar y el viento ya es competitiva con la generada por procedimientos tradicionales. En los últimos 25 años el coste de la electricidad fotovoltaica se ha reducido 30 veces. Otra reducción por un factor 3 ó 4 haría a esta electricidad competitiva con las centrales que queman carbón, sin considerar en el precio de la energía los costes derivados de la contaminación.

Una mayor eficiencia en el uso de las energías, técnica y económicamente posible con los conocimientos disponibles, daría lugar a prolongar el plazo de agotamiento de los recursos no renovables y dar más tiempo para perfeccionar los sustitutos renovables.

La leña es la principal fuente de energía en muchos países del Tercer Mundo, debido a los precios desorbitados de los productos derivados del petróleo. Incluso en países ricos en petróleo, como Nigeria, el 80% de la población utiliza la leña como fuente principal de energía. En el mundo rural la leña es recogida directamente por los consumidores, mientras que en las ciudades se consume carbón vegetal, cuya demanda se ha visto acrecentada por el crecimiento de las grandes urbes.

En el continente africano la creciente demanda de leña (ante la imposibilidad de adquirir otras fuentes de energía) supone la esquilmación progresiva de los árboles aislados de las sabanas y las zonas semidesérticas, lo que ha provocado el avance de los desiertos. Estos árboles aislados, ubicados en parcelas cultivadas, zonas de pasto, etc, proporcionan el 95% de la leña. Muchos habitantes del Sahel han tenido que abandonar sus tierras por el agotamiento de recursos, especialmente de la leña.

Los materiales

Salvo los minerales de hierro, aluminio y titanio, que son muy abundantes en la corteza terrestre, los demás minerales son escasos y se van agotando a un ritmo más o menos rápido. A diferencia de los combustibles, tanto los metales como otros materiales (cemento, plástico, cristal) no se transforman en gases, sino que se acumulan como residuos o se reutilizan mediante reciclado. A los residuos acumulados en el extremo de la cadena del consumo hay que añadir los que se van acumulando en el proceso de fabricación y en el punto de extracción inicial.

En el mundo industrializado el consumo de metales por persona ha ido creciendo progresivamente, observándose que a partir de 1970 el crecimiento es lineal y no exponencial. Esto es debido a que hay un límite en la cantidad de metales que una persona, aunque sea rica, puede usar, y a que en muchos casos han sido sustituidos por otros materiales (plásticos, cerámicas).

Las fuentes de algunos materiales útiles sólo se dan accidentalmente en concentración adecuada para que su explotación sea rentable, lo que conlleva un agotamiento del recurso en un plazo más o menos corto.

A medida que disminuye la concentración del metal en la fuente mineral, los costes de extracción se elevan considerablemente y aumentan los residuos. Por debajo de una concentración del 2%, la cantidad de roca que debe ser extraída, molida y tratada se eleva vertiginosamente, generando una enorme cantidad de residuos, a la vez que aumenta considerablemente el consumo de energía necesaria para el proceso, lo que acelera el agotamiento de los combustibles fósiles.

El reciclado de materiales después de su uso es un paso más hacia la sostenibilidad. Cuando se duplica la vida útil de cualquier producto se reducen a la mitad, tanto la energía gastada en el proceso de producción como la contaminación, a la vez que se duplica el plazo de agotamiento del recurso. Si la vida útil de los productos utilizados se pudiera duplicar, se reciclaran el doble de los materiales y se redujese a la mitad la cantidad de material necesario en la extracción, el saldo total sería una reducción de los insumos globales por un factor de 8.

Los contaminantes

Muchos agentes contaminantes siguen creciendo en forma exponencial, a la par que lo hacen la población y los flujos de materiales



y de energía. En ocasiones lo único que se ha logrado es trasladar la contaminación de un lugar a otro. En otros casos se ha conseguido reducir la concentración de contaminantes porque se han tomado medidas adecuadas. Una mayor eficiencia en el uso de materiales y de energía es más efectivo que tratar de reducir la contaminación solamente al final del proceso de producción.

La contaminación no es un mal necesario que acompaña al progreso, sino más bien una señal de ineficacia. La tecnología actual dispone de medios para reducirla a límites sostenibles. Los costes de todo tipo que genera la contaminación son, seguramente, mucho mayores que el incremento de la inversión necesaria para evitarla, pero no todos los países pueden, por el momento, hacer frente a esas inversiones. Los niveles más altos de contaminación se dan en los países de la Europa del Este y en los del Tercer Mundo, que son precisamente los que menos capital pueden invertir en reducirla.

Los países industrializados han reducido sustancialmente la concentración de algunos de los contaminantes más palpables o más peligrosos. La prohibición del insecticida DDT ha reducido su concentración en el medio ambiente y en el organismo humano, a pesar de la larga persistencia del producto. Los niveles de oxígeno en los ríos Rhin y Támesis han mejorado notablemente, debido a una mayor eficacia en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En otras ocasiones el nivel de contaminación se ha mantenido, a pesar del incremento de las fuentes de contaminación. En California, en los últimos años, se ha mantenido el nivel de contaminación causada por el tráfico, a pesar de haber aumentado el número de coches y el número de kilómetros recorridos por cada coche. En las naciones más industrializadas (Grupo de los Siete) las emisiones de dióxido de azufre se han reducido a la mitad en los últimos 25 años, y las de dióxido de carbono se han mantenido constantes (a pesar del crecimiento económico), debido fundamentalmente a una mayor eficiencia energética.

Los contaminantes de mayor riesgo son los residuos nucleares, cuya desintegración puede durar décadas o, incluso, siglos o milenios. Se almacenan bajo tierra, en el fondo del mar o en piscinas de contención, con la esperanza de que algún día la tecnología encuentre un lugar seguro donde guardarlos.

Otros contaminantes de gran riesgo son los que tienen una repercusión mundial, como es el caso de los gases que producen efecto

invernadero, cuyas consecuencias son un calentamiento de la atmósfera y un cambio global del clima. El principal causante de este efecto es el dióxido de carbono procedente de las combustiones. Según los expertos, para mantener el calentamiento de la atmósfera dentro de los límites actuales habría que reducir sustancialmente las emisiones de dióxido de carbono durante los próximos 50 años, lo cual exigiría una mayor eficiencia energética en el uso de combustibles fósiles y el empleo de energías alternativas.

Muchos productos químicos sintetizados por el hombre producen residuos de larga duración, debido a que nunca antes habían existido y no se han desarrollado organismos capaces de desintegrarlos. Cada día se incorporan al mercado tres o cuatro nuevos productos químicos, hasta llegar a unos 65.000 de uso habitual en la actualidad. Los contaminantes más peligrosos que generan esos productos son los que afectan a toda la humanidad, sin importar quien los ha generado. El caso más llamativo es el efecto de los clorofluorocarbonos (CFC) sobre la capa de ozono de la atmósfera.

Se creía que los CFC eran uno de los productos más útiles creados por la industria química. No son tóxicos, no se queman, no reaccionan con las sustancias de uso común, no corroen los materiales, son muy estables, tienen un buen aislamiento térmico y son buenos disolventes. Además resultan muy baratos y se pueden desechar dejándolos libres en la atmósfera. Esto último, que aparentemente era una gran ventaja, ha resultado ser un gravísimo inconveniente, puesto que pueden desencadenar un desastre ecológico insospechado a escala mundial.

En las altas capas de la estratosfera (a una altura de unos 20.000 metros) existe una capa de ozono que filtra los rayos ultravioleta más nocivos (los UV-B) de la radiación solar, impidiendo que lleguen a la superficie terrestre con toda su intensidad. La reducción de esa filtración, como consecuencia del deterioro de la capa de ozono, ocasionaría un impacto ecológico difícil de predecir, ya que los rayos UV-B afectan, entre otros, a la fotosíntesis de las plantas verdes, y a los pequeños animales y vegetales que flotan sobre la capa superficial del mar, y que constituyen la base de las cadenas alimentarias oceánicas. En la piel humana pueden inducir al desarrollo del cáncer de piel.

Las moléculas de CFC que alcanzan las altas capas estratosféricas se rompen por la acción de la intensa radiación ultravioleta y liberan átomos de cloro. Estos átomos de cloro reaccionan con el ozono y oxi-



geno atmosféricos, dando lugar a unos compuestos que liberan nuevamente cloro, y que, a su vez, reacciona de nuevo con el ozono. De esta forma, un átomo de cloro destruye sucesivamente hasta 100.000 moléculas de ozono, antes de que regrese a la superficie terrestre en forma de lluvia ácida.

Las moléculas de CFC que quedan libres en la atmósfera de la superficie terrestre tardan unos 20 años en alcanzar las altas capas estratosféricas. En el caso de que los CFC se hayan utilizado como propulsores de aerosoles, la descarga en el aire se produce muy pronto después de la fabricación del producto. Pero en otros casos (utilizados como refrigerantes o aislantes), la descarga se puede producir muchos años después de haberse sintetizado el producto. Hay, por tanto, un retraso más o menos grande entre la fabricación del producto y su actuación sobre la capa de ozono. Por este motivo, la destrucción de la capa de ozono durará, por lo menos, un siglo después de que se suprima totalmente la fabricación de esos productos.

La respuesta que ha dado la humanidad a este acuciante problema se puede considerar modélica. En el año 1990, casi un centenar de países acordaron suprimir por completo la producción de CFC para el año 2000. También se creó un fondo para financiar en los países del Tercer Mundo la sustitución de CFC por otros productos alternativos. De esta forma se prevé que la concentración de cloro en la alta estratosfera empezará a disminuir a partir del año 2000, aunque hasta el año 2100 no disminuirá esa concentración hasta la cota que tenía en el año 1970.

DE LA ECONOMÍA DEL CRECIMIENTO A LA ECOLOGÍA

La palabra economía significa la administración de la casa (proviene de las palabras griegas oikos=casa y nomos=administración). En sentido más amplio, la economía es la ciencia que administra los recursos, considerados escasos, destinados a satisfacer las necesidades humanas. Ecología (del griego oikos=casa y logos=principio rector) significa el principio rector de la casa. En sentido amplio, la ecología es la ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con el medio donde viven. No cabe duda que el principio rector o razón íntima de cualquier cosa es más importante que las reglas que rigen la administración de esa cosa, que, en todo caso, han de acomodarse a ese prin-



cipio. No se puede ignorar la participación de la ecología en los procesos económicos. Sin embargo, la sociedad actual actúa de modo contrario, con lo cual la acelerada actividad de la llamada economía del crecimiento ha sobrepasado los límites que puede soportar la naturaleza.

A principios de la década de los años 70 el Club de Roma, un grupo internacional de científicos, estadistas y empresarios, encargó al MIT (Massachusetts Institute of Technology) un estudio sobre las consecuencias que tendría a largo plazo un crecimiento de la población, el consumo de recursos y la contaminación. El resultado de dicho estudio fue la publicación en 1972 del libro *Los límites del crecimiento*, de D. Meadow, cuyas conclusiones resumidas fueron las siguientes:

- Si continúan sin modificarse las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, consumo de recursos y contaminación, los límites del crecimiento en la Tierra se alcanzarán en algún momento dentro de los próximos 100 años, causando como resultado más probable una disminución súbita e incontrolada de la población mundial.



- Es posible modificar esas tendencias de crecimiento, estableciendo unas condiciones que puedan ser mantenidas en el futuro y que aseguren la satisfacción de las necesidades básicas de todos los habitantes del planeta.
- Si nos decidimos por el segundo supuesto y no por el primero, las posibilidades de éxito serán mayores cuando antes empiecen las actuaciones para lograrlo.

En muchos ambientes estas conclusiones fueron interpretadas como catastrofistas, cuando en realidad, según el autor, constituían un reto para lograr una sociedad suficiente en lo material, equitativa en lo social y perdurable en lo ecológico.

Una vez superados los efectos de la crisis del petróleo de 1973, las naciones más industrializadas continuaron preconizando el crecimiento anual de su producto interior bruto, impulsando el consumo con una publicidad avasalladora dedicada a crear nuevas necesidades, para posibilitar una producción en constante expansión.

Veinte años después de la publicación del libro, cuando el autor y sus colaboradores revisaban los datos para ponerlos al día se dieron cuenta de que se habían acortado los límites propuestos en aquella fecha, puesto que muchos flujos de recursos y de contaminación habían sobrepasado los límites sostenibles. En 1992 publicaron el libro *Más allá de los límites del crecimiento*, cuyas conclusiones refuerzan y rectifican las formuladas 20 años atrás:

- El consumo de muchos recursos esenciales y la producción de contaminantes han sobrepasado ya los límites sostenibles. Si no se reduce significativamente el consumo de materiales y de energía, la producción de alimentos y el uso de la energía per cápita experimentarán una reducción incontrolada en los próximos años.
- Para evitar esta reducción se precisa una revisión global de las políticas y prácticas que favorecen el crecimiento del consumo y de la población. Al mismo tiempo se necesita incrementar rápidamente la eficiencia en la utilización de materiales y de energía.
- Es posible un desarrollo sostenible, es decir, que cualquier país del mundo pueda satisfacer sus necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Para acceder a esa sociedad sostenible hay que hacer un mayor énfasis en la equidad y calidad de vida, que en la cantidad de producción y consumo.

Desde los puntos de vista técnico y económico es posible una sociedad sostenible. No supone que los países pobres queden sumidos en la pobreza ni que los países ricos se conviertan en pobres. Supondría alcanzar los mismos objetivos de mayor bienestar que la humanidad ha perseguido -al menos teóricamente- con sus intentos de mantener un crecimiento continuado. Pero este crecimiento tiene límites físicos, en cuanto a la capacidad del Planeta como suministrador de recursos y como sumidero de contaminantes. Es preciso tomar conciencia de la gravedad del problema para tomar las decisiones adecuadas antes de que sea demasiado tarde.

Un cambio de actitud

El modelo de economía actual está mostrando sus limitaciones con toda crudeza. En los últimos 50 años la sociedad industrial ha consumido más recursos que el resto de la humanidad desde que ésta existe, por lo que la sociedad del bienestar va a quedar reducida a una concentración del consumo aquí y ahora para unos pocos afortunados, excluyendo de sus beneficios a los actuales desfavorecidos y a todos los futuros habitantes del planeta.

Este sistema de producción y consumo tiende a sobreexplotar los recursos naturales. El hombre se ha acostumbrado a ver la naturaleza como algo de lo que él no forma parte, y que es preciso dominar para sacar la mayor productividad, aunque sea a costa de destruirla. Durante las dos últimas centurias (y, sobre todo, durante los últimos cincuenta años) se han cometido tantos desmanes ecológicos que no es posible continuar así durante mucho tiempo sin que tengamos que afrontar graves consecuencias.

Cada minuto se pierden 40 hectáreas de vegetación natural (que al cabo de un año representa una superficie equivalente a la de Suiza) y sólo se repuebla la décima parte de esa superficie. Un tercio de la superficie emergida se encuentra en riesgo de desertización. La alimentación de todo el mundo depende, fundamentalmente, de 8 megacultivos (trigo, arroz, maíz, cebada, sorgo, patata, judía y soja), con



unas variedades tan uniformes que resultan muy vulnerables ante cualquier adversidad.

Otra consecuencia de este modelo de economía es la acumulación de riqueza en unos pocos países, mientras que se ha agigantado la diferencia entre países pobres y ricos. La renta per cápita abarca desde los 36.000 dólares en Suiza hasta los 60 dólares de Mozambique. Mientras el 25% de la población más rica del Planeta (en donde se incluye España) acapara el 89% del producto mundial bruto, al 25% de la población más pobre le corresponde el 1'6%. Y estas diferencias se agrandan cada vez más. En 1960 el 20% más rico de la población mundial tenía unos ingresos 30 veces mayores que el 20% más pobre. En 1990 esa diferencia había aumentado al doble.

El producto interior bruto per cápita se ha duplicado en EEUU durante los últimos 40 años y se ha multiplicado por 15 en Japón, mientras que en China, India, Paquistán e Indonesia (naciones que contienen casi la mitad de la población mundial) apenas ha variado. Incluso en algunos países menos desarrollados -como es el caso de los países subsaharianos- los ingresos per cápita se han reducido durante la década de los años 80.

El modelo de crecimiento económico actual se basa en dos premisas: que el nivel de vida de los más ricos (ya sean países o individuos) es innegociable, y que más pronto o más tarde ese nivel de vida alcanzará a todo el mundo.

Estas premisas, sin embargo, no son compatibles. Según reconocen Naciones Unidas (y la experiencia lo demuestra) sólo se puede mantener el nivel de vida en el Norte a costa de mantener una desigualdad extrema a escala mundial, ya que la Tierra, -como suministradora de recursos y sumidero de residuos- no tiene capacidad suficiente para proporcionar a todos sus habitantes el nivel de vida de que gozan los más ricos. El 20% de la humanidad consume el 80% de los recursos. Si todos los habitantes del Planeta consumieran la misma cantidad de energía que la correspondiente a cada ciudadano de EEUU, las reservas conocidas de petróleo se agotarían en un plazo de 8 años. Todo aquello que no es universalizable no es éticamente bueno.

La producción de alimentos se ha duplicado o triplicado en los países del Tercer Mundo durante los últimos 20 años. Pero como consecuencia del rápido crecimiento de la población, la producción de alimentos por persona apenas ha mejorado, y en Africa ha decrecido.

Ruanda, el país de África más densamente poblado, en cuatro décadas ha triplicado su población, y durante ese tiempo se ha dividido por cuatro el terreno cultivable que corresponde a cada familia.

Mientras una parte importante de la población mundial no puede satisfacer sus necesidades primarias -cada año mueren de hambre unos 16 millones de personas -en los sectores más privilegiados se crean necesidades supérfluas, impulsando el consumo incluso de cosas inútiles o perjudiciales, sin detenerse siquiera ante la producción de las armas más destructivas.

La experiencia pone de manifiesto que este sistema económico y social no resolverá el problema de la pobreza ni del empleo a todas las personas en edad laboral, ni siquiera en los países más desarrollados. El problema del desempleo en estos últimos países se debe a un cambio progresivo hacia formas de producción con menores necesidades de mano de obra. Las multinacionales manejan un tercio de la riqueza mundial y sólo dan empleo al 3% de la población laboral. La crisis ecológica y la crisis social van asociadas cada vez con mayor intensidad.

La solución hay que buscarla en establecer un nuevo orden económico y social en donde los recursos se repartan mejor entre todos, lo que implica que los países desarrollados elaboren programas basados en la reducción del consumo. Por otro lado, una economía de orientación ecológica evitará el derroche de energía y de recursos naturales, mediante el diseño de productos en donde se facilite su reparación o reutilización, en vez de forzar la sustitución. No cabe clamar por una naturaleza virgen, sino que partiendo de la situación que hoy tenemos, tratemos de mejorarla.

El problema ecológico, considerado en su conjunto, no es sólo un asunto científico o técnico, sino que tiene sus raíces más hondas y su solución requiere actuaciones a otros niveles. Eminentes científicos de gran prestigio reconocen que si no cambian los modelos actuales de la actividad humana, la ciencia y la tecnología se verán incapacitadas para evitar una degradación irreversible del medio ambiente y la pobreza definitiva para una buena parte de la humanidad. Para un cambio de actitud deberemos asumir nuevos valores de orden social, económico y humano. A la ética corresponde la decisión de determinar los valores que se deben salvar y la preferencia de actuación en caso de conflicto entre esos valores. La actuación se hará efectiva a través de decisiones políticas. El papel de la ciencia y la técnica será



el asesoramiento y como instrumento de actuación. El factor cultural es también importante, ya que muchos valores positivos pueden residir en culturas menos desarrolladas o en comunidades locales dentro de las sociedades desarrolladas, provistas de un gran acopio de experiencias acumuladas a lo largo del tiempo.

La crisis es tan grande que nadie debe sentirse ajeno a ella. Pero la alarma no puede quedar en unas previsiones catastrófistas, sino que debe impulsar a un cambio en la forma de actuar sobre el medio natural. Sobre este particular hay un pacífico consenso entre todas las partes en conflicto sobre el debate ecológico. El desacuerdo surge cuando se trata de especificar las medidas económicas, políticas y técnicas que se deben tomar. El consenso es fácil cuando se habla a nivel de ideas generales de justicia, solidaridad, etc. pero, hasta ahora, se ha hecho imposible cuando se trata de dar a esas ideas un contenido preciso.

GLOSARIO

Biomasa.	Cantidad de materia viva que hay por unidad de superficie o de volumen en un ecosistema.
Biótico.	Elemento vivo del ambiente.
Cadena trófica.	Serie de organismos relacionados sucesivamente por la alimentación
Consumidor.	Organismo que aprovecha la materia orgánica de los productores.
Contaminación.	Acción y efecto de añadir elementos indeseables a un ecosistema
Descomponedor.	Organismo que aprovecha los restos animales y vegetales, descomponiendo la materia orgánica en inorgánica.
Ecosistema.	Conjunto formado por los seres vivos de una comunidad y el espacio físico donde viven y se relacionan recíprocamente.
Producto Interior Bruto	Valor del conjunto de bienes y servicios generados por un país durante un año.
Productor.	Organismo que es capaz de captar o aprovechar la energía solar.
Sucesión ecológica	Sucesión de comunidades que se establecen a lo largo del tiempo en un ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Más allá de los límites del crecimiento. (1992). D. Meadow, J. Randers. Ed. El País Aguilar.

De la economía a la ecología. (1995). J. Riechman et al. Ed. Trotta.

Ecología. R. Margalef. Ed. Planeta.

Nuestro futuro común. (1978). Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo. Ed. Alianza.

Mañana siempre es tarde. (1987). F. Mayor Zaragoza. Ed. Espasa-Calpe.

Ética y ecología. (1991). J. Gafo et al. Ed. UPCO.

Ecología y culturas. (1988). R. Margalef et al. Ed. UPCO.

Medio ambiente y desarrollo alternativo. (1989). L. Jimenez Herrero. Ed. Iepala.

Ecología y protección de la naturaleza. (1982). R. Margalef et al. Ed. Blume Ecología.

Ecología solidaria. (1996). R. Tamames et al. Ed. Trotta.

Conceptos de ecología. (1996). J.L. Fuentes Yagüe. H.D. 5-6/95. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN

SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid