

JUAN DE DIOS LOPEZ GONZALEZ
CATEDRATICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

400840
MADE IN SPAIN

LA SOCIEDAD DEL FUTURO
Y EL
MEDIO AMBIENTE



DISCURSO DE APERTURA
UNIVERSIDAD DE GRANADA
CURSO MCMLXXVII-MCMLXXVIII



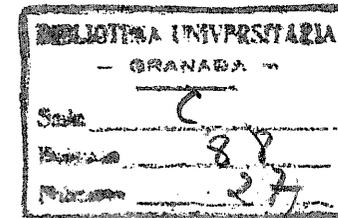
JUAN DE DIOS LOPEZ GONZALEZ
CATEDRATICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

LA SOCIEDAD DEL FUTURO
Y EL
MEDIO AMBIENTE



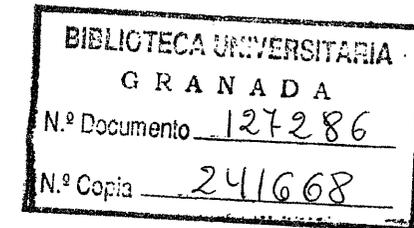
DISCURSO DE APERTURA
UNIVERSIDAD DE GRANADA
CURSO MCMLXXVII-MCMLXXVIII

LA SOCIEDAD DEL FUTURO
Y EL
MEDIO AMBIENTE



JUAN DE DIOS LOPEZ GONZALEZ
CATEDRATICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

7



LA SOCIEDAD DEL FUTURO Y EL MEDIO AMBIENTE



DISCURSO DE APERTURA
UNIVERSIDAD DE GRANADA
CURSO MCMLXXVII - MCMLXXVIII

*A Aurora y a mis hijos, a quienes tantas horas
de convivencia familiar han venido sustrayendo
mis actividades universitarias.*

Agosto, 1977

© UNIVERSIDAD DE GRANADA. LA SOCIEDAD DEL FUTURO
Y EL MEDIO AMBIENTE. Editado e impreso por el Secretariado de
Publicaciones de la Universidad de Granada. Un.Gr.43.77.37.
Depósito legal Gr.705.1977. 400 ejemplares. *Printed in Spain.*
Imprenta de la Universidad de Granada. Hospital Real. Cuesta del
Hospicio, s/n.

*La raza humana está llegando a ser demasiado
para sí misma y demasiado para el mundo.*

William Saroyan

Excmo. Sr. Rector Magnífico.
Excmas. e Itmas. Autoridades.
Profesores y Alumnos Universitarios.
Señoras y Señores.

El tradicional turno establecido en nuestra Universidad ha hecho recaer en mí el honor y la responsabilidad de desarrollar la lección inaugural de este nuevo curso académico que hoy iniciamos.

No es fácil seleccionar, para este acto solemne, un tema adecuado que pueda interesar a los diversos sectores que se integran en este distinguido auditorio. He rechazado por ello, desde un principio, la idea de exponer cualquier tema que correspondiese exclusivamente a algunas de las investigaciones específicas que, desde hace ya muchos años, venimos realizando en nuestro Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias y he supuesto que podría ser de interés más general el esbozar aquí algunas ideas sobre la sociedad del futuro y el medio ambiente, en estos momentos históricos tan especialmente críticos y de los que tanto va a depender el futuro de la humanidad.

El hombre moderno, apoyado en sus propios descubrimientos científicos y técnicos, y trabado en el ambiente creado como consecuencia del rápido desarrollo tecnológico, viene sufriendo recientemente graves trastornos y dislocaciones que, además de crear una serie de problemas de índole

material y estructural, están originando las llamadas crisis de identidad (1), las cuales no sólo afectan al propio hombre, sino también a las instituciones creadas por él mismo y a la sociedad moderna en general.

Una visión global y simplista de la historia de los últimos años nos permite apreciar cómo la década de los años sesenta ha constituido para el mundo occidental una plataforma de desarrollo científico y tecnológico, como jamás podría haber soñado la humanidad, sobre unas bases que entonces parecían permanentes e inamovibles. La década de los setenta se viene caracterizando, por el contrario, como una época de crisis y desajustes, que actualmente estamos padeciendo, y que han sido originados, en gran parte, por ese relanzamiento previo que desbordó, no sólo las bases e infraestructuras necesarias para su propio sostenimiento, sino también la indispensable preparación psicológica de la sociedad. Tal vez sean éstas las causas principales de las crisis de identidad que anteriormente hemos señalado.

No parece muy aventurado indicar la posibilidad de que con la década de los años ochenta se inicie una época de reajustes e integraciones, por supuesto bien difíciles, pero absolutamente necesarios si se quiere conseguir una supervivencia racional de la humanidad en nuestro planeta.

Afortunadamente, hoy conocemos mejor que nunca los términos y circunstancias sobre nuestra dependencia de la naturaleza y sabemos también cómo podemos ejercer una considerable influencia sobre ella, tanto intencionada como inadvertidamente. Sobre estas bases de conocimiento hemos de proyectar nuestras actuaciones para que el hombre de la sociedad futura no llegué a sentirse fatalmente esclavizado por la maraña que el propio hombre está tejiendo e intoxicado por la contaminación ambiental que también él mismo está ocasionando.

(1) J. de D. López González, "Discurso de Apertura" del Curso Académico 1974-75. Universidad de Granada, 1974.

1. ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA SOCIEDAD MODERNA

Existieron tiempos, no muy lejanos aún, en los que era difícil el poder observar la creación de nuevas instituciones; el cambio social avanzaba entonces con extraordinaria lentitud y las adaptaciones se llevaban a cabo fragmentariamente y con grandes dificultades. Por otra parte, la difusión y el conocimiento general de las medidas que se iban adoptando eran lentos y dificultosos, al no disponerse en aquellas épocas de los medios adecuados para ello.

Es a finales del siglo XVIII cuando se inicia verdaderamente la idea del cambio social, la cual adquiere carta de ciudadanía en el siglo XIX; se inician entonces diversas series de trabajos por parte de pensadores sociales, que no se conforman sólo con estudiar los problemas del momento, propugnando sus soluciones, sino que se atreven a profetizar las formas que habrían de regir la sociedad en la siguiente fase histórica de la humanidad, formas en las que los aspectos socio-económicos tendrían que jugar un papel fundamental.

Hace aproximadamente treinta años, Colin Clark, en su obra titulada "Conditions of Economic Progress", estableció una clasificación de economías en los diferentes países, sobre la base de la división de las actividades en diferentes sectores: primarios, secundarios y terciarios. Como es bien

sabido, los sectores primarios son aquellos que están vinculados exclusivamente al campo de la extracción; los secundarios se refieren a las actividades industriales y los terciarios corresponden a los servicios (educación, salud pública, investigación científica, transportes, finanzas, administración pública, comunicaciones, etc.).

Según esta clasificación, que ha sido generalmente aceptada, los países del mundo se pueden dividir en tres grupos diferentes. El primer grupo incluiría a los países en los que predominan las actividades de extracción; a este grupo pertenece un enorme número de países en los que las economías nacionales están basadas casi exclusivamente en los recursos naturales. Así, por ejemplo, en África y en Asia, más del setenta por ciento de la población vive en sociedades agrarias; en Iberoamérica, la mayoría de la población es primordialmente agrícola. Todos estos países pueden considerarse como pertenecientes a la sociedad pre-industrial, cuya renta anual *per cápita* está comprendida entre 50 y 200 dólares, según la clasificación establecida por Herman Kahn.

En segundo lugar existe un grupo de países intermedios, en los que las actividades primarias de extracción están débilmente complementadas por un naciente sector industrial y de servicios, de tal forma que puede considerarse que estas sociedades están iniciando un proceso de industrialización y su renta anual *per cápita* está comprendida entre 200 y 600 dólares.

En contraste con todo ello, Estados Unidos, Canadá, Europa Occidental, Japón y la Unión Soviética, constituyen un grupo de naciones en las que la parte fundamental de las actividades está dedicada a la industria y los servicios. La productividad en estos países ha venido progresando, en general, a ritmo más o menos constante y su renta *per cápita* es la que corresponde a sociedades industriales (entre 600 y 1500 dólares anuales) o industriales avanzadas (sociedad de consumo, con renta entre 1.500 y 4.000 dólares anuales).

Interesa señalar que los Estados Unidos fueron el primer país del mundo que, a partir de 1955, consiguió pasar de una sociedad en la que predominaban los obreros industriales (*blue-collar society*) a una sociedad en la que llegaron a ser más numerosos los trabajadores dedicados a los servicios

(*white-collar society*). En 1970 ya constituían más del sesenta y dos por ciento los trabajadores de Estados Unidos que estaban dedicados a los servicios, como consecuencia de los avances científicos y tecnológicos en aquel país.

Los informes referidos al año 1976 indican que los diez países con un producto nacional bruto *per cápita* más alto son, en el orden que se indica, los siguientes: Kuwait, Suiza, Suecia, Canadá, Estados Unidos, Noruega, Dinamarca, Alemania Federal, Bélgica y Francia *. España está situada en el vigésimo séptimo lugar, con un producto nacional bruto *per cápita* de 2.855 dólares. De los 160 países clasificados, solamente 49 superaron los mil dólares de renta en 1976. Interesa destacar que esos 49 países (el 31 por ciento de los analizados) totalizan el 85 por ciento del flujo de bienes y servicios de la economía mundial.

No debemos perder de vista que precisamente los países que ocupan los diez primeros puestos en la renta *per cápita* dedican a la investigación científica y tecnológica cantidades entre cinco y diez veces superiores (relativas a los productos nacionales brutos) a las que dedica nuestro país. En los últimos cinco años España ha dedicado a la investigación científica y de desarrollo un promedio anual que corresponde solamente al 0,34 de nuestro producto nacional bruto.

Como ya señalamos al principio de esta exposición, el desarrollo tecnológico, tan rápidamente conseguido en algunos países, es sin duda el principal causante de esa serie de crisis que hoy sufren las naciones más industrializadas. Se podría decir que, en general, estas crisis son tanto más graves cuanto más elevado es el nivel de desarrollo y cuanto más rápidamente se ha conseguido el mismo. A este respecto convendría recordar que el hombre, en opinión de los antropólogos, constituye una parte de la herencia de un mamífero *primate* que existió durante más de 65 millones de años. El *homo sapiens* surgió hace solamente 40.000 años, a partir de los homínidos

* La posición de Kuwait, que encabeza la lista de países, es consecuencia de su especial y abundante disponibilidad actual de yacimientos de petróleo.

primitivos, nuestros inmediatos antecesores, los cuales surgieron a su vez hace sólo dos o tres millones de años. Por otra parte, se calcula que durante más del 90 por ciento de la historia humana, el hombre estuvo organizado en sociedades de caza y recolección (2). Frente a aquellos primeros y dilatadísimos períodos de tiempo, los dos siglos durante los cuales ha existido la sociedad industrial no significan apenas nada y menos aún los escasos veinte años últimos durante los cuales la sociedad industrial se está transformando en la llamada "post-industrial". Nuestros más recientes genes derivan del más largo período de historia humana, durante el cual los seres humanos vivían, como hemos dicho, en sociedades de caza y recolección. Así, Hamburg ha llegado a decir que "el hombre occidental que vive hoy en un mundo tecnológico está todavía equipado genéticamente con una vieja herencia mamífera *primate* que evolucionó fundamentalmente a través de adaptaciones apropiadas para tiempos y condiciones mucho más primitivas" (3). Independientemente de la enorme capacidad de adaptación del hombre, no sabemos hasta qué punto nuestra herencia genética puede ser una de las causas fundamentales de las dislocaciones y de las crisis, pero lo evidente es que los problemas han surgido y que ahí están presentes, acompañando ineludiblemente, como función directa, al desarrollo tecnológico.

No es posible analizar en esta exposición el origen y la naturaleza de los problemas y las crisis más significativas de la sociedad industrial actual, pero nos detendremos en la descripción de algunos aspectos de las mismas en esta sociedad, producto de una "explosión del conocimiento", en la que viven muchos más científicos que cuantos han existido en toda la historia y en la que la suma total de los conocimientos humanos se duplica cada diez años, realizándose los inventos con tanta rapidez, que algunas industrias tienen que adoptar nuevas tecnologías cada tres o cuatro años.

(2) S.L. Washburn y E.R. McCown, "Evolution of Human Behavior", *Social Biology*, 19, 163 - 70 (1972); S.L. Washburn y P. Dolhinow, Eds. *Perspectives on Human Evolution*, 3, 1976, New York, Spring, 1977.

(3) B.A. Hamburg, "The Psychobiology of Sex Differences: An Evolutionary Perspective", en *Sex Differences in Behavior*, 373 - 92, New York, 1974.

Independientemente de los problemas derivados de la moderna concepción de la familia (4), consideramos que el ocio en la sociedad de consumo, al no ser adecuadamente utilizado, viene produciendo una serie de problemas, entre los que cabe destacar el abuso de las drogas, ya sean las denominadas "flojas" o "fuertes", sin olvidar el tabaco y el alcohol, cuyo consumo ha crecido alarmantemente en los últimos años. La idea tan generalizada en el sentido de suponer más desarrollado y más importante a quien más consume ha llegado a crear situaciones tan paradójicas como las que describe Zacune y Hensman, referidas al uso de drogas, alcohol y tabaco en Inglaterra (5). Dichos autores refieren literalmente lo siguiente: "Un mismo país gasta 2.000 millones de libras esterlinas anuales en beber alcohol, recauda 900 millones de libras en impuestos correspondientes a esas ventas y dedica más de 20 millones en la publicidad de las bebidas alcohólicas y de los placeres de las tabernas; su consumo de licores aumenta. El mismo país admite en los hospitales a 7.000 alcohólicos cada año, algunos de ellos en 17 centros especializados; detiene anualmente a más de 80.000 personas por embriaguez; acepta que más del 40 por ciento de su población encarcelada y el 60 por ciento de sus vagabundos tienen problemas graves con el alcohol y extiende 30.000 denuncias anuales a conductores borrachos. El país tiene 80.000 trabajadores en la industria de la cerveza y la destilación de licores, y existen 125.000 puestos de venta de bebidas alcohólicas autorizados. La cantidad que gasta el mismo país en educar al público sobre los peligros de la bebida es minúscula y parece existir una escasísima preocupación oficial sobre la prevención de las consecuencias del alcoholismo. Por otra parte, el mismo país fuma 365 millones de cigarrillos diarios; gasta 12 millones de libras en publicidad sobre el tabaco, cuyas ventas suman 1.000 millones de libras; sufre 41.000 muertes anuales como consecuencia del hábito de fumar; invierte 100.000 libras en propaganda antitabaco y sostiene una clínica antitabaco. En el mismo país se producen anualmente 4.685 denuncias por uso de derivados del cáñamo. En Londres existen 14 clínicas para el

(4) Tamara K. Hareven, "Family Time and Historical Time", *Daedalus, Journal of the American Academy of Arts and Sciences*, 57.-70, Spring, 1977.

(5) J. Zacune y C. Hensman, "Drugs, Alcohol and Tobacco in Britain", *Heineman*, Londres, 1971.

tratamiento de 2.881 toxicómanos habituados a los opiáceos, a quienes se les puede administrar heroína. Su sólida y ordinaria ciudadanía consume cada año 37,1 millones de prescripciones de sedantes y tranquilizantes y, al mismo tiempo, 3,9 millones de recetas de anfetamínicos y estimulantes”.

Si nos preguntamos sobre cuáles son las causas que conducen a un determinado número de individuos, cada vez más elevado, al empleo habitual de las drogas parece que el factor principal es la disponibilidad generalizada de mayor tiempo libre. Entre otras causas está también el hecho de que la tecnología moderna viene facilitando la difusión de toda la información al respecto; el turismo, las guerras, las migraciones y la progresiva urbanización del territorio son también factores extrínsecos que estimulan su uso (6). Existen, además, factores intrínsecos, entre los que pueden contarse el alivio de la ansiedad, la angustia, la tensión y la depresión; la rebelión o la desesperación contra los valores sociales ortodoxos y contra el ambiente; el miedo a perder algo; la broma, la diversión y el recreo. A nuestro juicio, todo ello está bien relacionado y es un producto de la sociedad tecnológica.

En lo que respecta a España, afortunadamente los niveles actuales en el uso de las drogas son muy bajos, en relación con los países más desarrollados tecnológicamente, exceptuando lo referente a la anfetamina y sus derivados (6), cuyo uso en nuestro país parece relativamente generalizado. En lo que respecta al tabaco, nuestro consumo se elevó el año pasado a más de 70.000 millones de pesetas anuales, es decir, más de la mitad del presupuesto total del Ministerio de Educación y Ciencia correspondiente al mismo año.

El problema del alcohol en España se considera aún más grave, ya que el consumo de bebidas alcohólicas equivale a 12 litros anuales de alcohol puro por habitante adulto, cantidad análoga a la correspondiente a los Estados Unidos y muy inferior a la de Francia (30 litros). Recientes cálculos indican que los accidentes de tráfico motivados por el alcohol vienen causando

(6) J. Laporte, “Aspectos biológicos del abuso de drogas”. *Boletín Informativo. Fundación Juan March*, 3-18, Junio 1977.

36.000 heridos y que los accidentes laborales por la misma causa se elevan a 150.000 anuales. El alcohol es en España la tercera causa de la muerte, después de las enfermedades cardiovasculares y del cáncer, y produce, además, unas pérdidas al país del orden de los 20.000 millones de pesetas anuales (6).

Además de los problemas ya señalados, hemos de destacar la aparición en la sociedad tecnológica moderna de una serie de crisis externas —en el sentido de que su origen no está vinculado intrínsecamente al comportamiento individual del hombre— que son consecuencia ineludible de la propia estructura de dicha sociedad tecnológica. Es ilusorio suponer que la “crisis energética”, la “crisis de materias primas”, la “crisis de recursos” y la “crisis ambiental” sean fenómenos coyunturales o temporales. La “crisis energética”, iniciada en octubre de 1973, no fue consecuencia del empeoramiento de las relaciones entre Israel y los Países Arabes. Las causas fundamentales estaban ya enraizadas y estrechamente relacionadas con los sistemas de producción y consumo que, durante las últimas décadas, han venido modelando el mundo industrializado y la sociedad de consumo.

Pero sea cual fuere el origen de esta “crisis energética”, el hecho es que al establecerse por parte de los países productores de petróleo una política de notables incrementos en el precio de los crudos, el aumento incesante del consumo de petróleo y del precio de éste viene produciendo en los últimos años un gigantesco transvase de riquezas y de poder económico que vamos a tratar de cuantificar con algún ejemplo. El excedente de los ingresos de los países exportadores de petróleo alcanzó en 1974 los 60.000 millones de dólares (más de cinco billones de pesetas) que equivalen, por ejemplo, a la tercera parte de la totalidad de los activos de las empresas extranjeras en Estados Unidos, en el año 1976. Utilizando este excedente dinerario de un sólo año, los países exportadores de petróleo podrían conseguir el control de un gran número de empresas del mundo occidental desarrollado, incluidas algunas empresas gigantes de Estados Unidos, tales como la American Telephone and Telegraph, la Dow Chemical, la General Motors, la IBM, la ITT, la U.S. Steel y la Xerox. El estado iraní ha adquirido ya, por ejemplo, el llamado “control minoritario” del grupo alemán de industrias Krupp, de

acero y maquinaria (7). Se calcula que estos países exportadores de petróleo acumularán más de 500.000 millones de dólares en menos de diez años, cifra que es parecida a la totalidad de las reservas monetarias mundiales y que sería suficiente, por ejemplo, para adquirir el doble de la producción total japonesa de mediados de la década de los años sesenta.

Es evidente que, mientras que la escasez de petróleo para los países ricos se traduce en incomodidades más o menos agudas (cancelación de proyectos de expansión ya programados, etc.), que vienen siendo generalmente resueltas, al menos por el momento, para los países subdesarrollados se traduce directamente en una reducción inmediata en su producción industrial y en su oferta de productos alimenticios. La falta de petróleo ha provocado ya una reducción, en cientos de miles de toneladas, de la producción del Sur de Asia. Durante los subsiguientes años, la situación de abastecimiento precario de crudos de petróleo dará lugar a un déficit, aún más dramático, dentro de dicha región; la producción de alimentos en la citada zona se está viendo reducida precisamente cuando la demanda está aumentando considerablemente.

Por otra parte, la cantidad que en 1974 han pagado los países en vías de desarrollo por sus importaciones de crudos de petróleo ha sido de 17.000 millones de dólares aproximadamente (7), es decir, más del quíntuple que en 1970. Estas tremendas sangrías de divisas están provocando una reducción considerable de sus importaciones, impidiendo así la adquisición de los bienes de equipo necesario para ir implantando sus industrias, retrasándose así la esperanza de conseguir su punto de despegue. Estos países en vías de desarrollo, a diferencia de los ya desarrollados, utilizan el petróleo importado fundamentalmente para fines agrícolas, como son la mecanización del campo y la producción de fertilizantes, y no para disfrutar el lujo de un transporte individual o instalar calefacción en sus hogares. Piénsese que con cuarenta litros de gasolina, que es lo que gasta cada mes, como término medio, un ciudadano del mundo occidental para sus viajes automovilísticos

(7) M. Mesarovic y E. Pestel, "La Humanidad ante la Encrucijada". Trad. esp. Ed. Gabinete de Publicaciones del Ministerio de Planificación del Desarrollo. Madrid, 1975.

de placer, bastaría para producir la cantidad de alimentos necesaria para que un adulto sobreviviera.

La interdependencia global de las diferentes sociedades que habitan la tierra se pone también de manifiesto en otros aspectos relativos a los recursos materiales en general. Es evidente el enfrentamiento entre los países productores de materias primas y los países consumidores de las mismas. Por ejemplo, a finales de 1973, es decir, inmediatamente después de la crisis del petróleo, Marruecos multiplicó por tres el precio de sus exportaciones de fosfatos; en 1974, Jamaica elevó en siete veces los precios de exportación de su bauxita. Los objetivos de estas elevaciones de precios parece que surgieron al tratar de contrarrestar los perjuicios ocasionados en sus balanzas de pagos como consecuencia de los aumentos del precio del petróleo y de los productos alimenticios.

Como consecuencia de todo ello, la psicosis creada en torno a las materias primas, especialmente en lo referente a los crudos de petróleo, ha llegado al extremo de que muchos países están considerando que es más rentable dejarlo en los yacimientos que cambiarlo por moneda, la cual está perdiendo, en general, su valor muy rápidamente. Por otra parte, los yacimientos de petróleo cada vez están adquiriendo mayor valor político, el cual se perdería, una vez que el crudo es extraído y exportado. Estas consideraciones pueden ser extendidas a otros muchos tipos de yacimientos de materias primas.

En lo que respecta a la "crisis ambiental", derivada del alarmante aumento del grado de contaminación del medio ambiente, trataremos de ella más adelante.

Podríamos exponer aquí otros muchos ejemplos que harían ver más claro aún el hecho de que la sociedad moderna se ha creado a sí misma una serie de graves problemas y está luchando actualmente por tratar de resolverlos. Pero sólo diremos que dichos problemas han surgido, en general, como consecuencia directa de la forma en que han venido siendo utilizados los medios y los recursos disponibles para su propia expansión industrial, incitadora del consumo por el consumo mismo. Todo ello ha estado basado en el falso concepto de un mundo aparentemente ilimitado, con una ilimitada abundancia de recursos.

2. LA SOCIEDAD DEL FUTURO

Durante las últimas décadas han sido muchos y muy diversos los estudios que se han venido realizando por parte de científicos, sociólogos y políticos, con la interesante pretensión de anticiparnos un conocimiento lo más realista posible sobre lo que haya de ser la sociedad del futuro. Han sido también muy diversas las bases y modelos utilizados para estos estudios y, consecuentemente, los resultados no han sido, en general, muy concordantes.

Por ejemplo, en 1954, hace ahora 23 años, Sir Harold Hartley pronunció la primera conferencia de la Fundación Fawley (Universidad de Southampton, Inglaterra), titulada "Science and Society: The Pattern of the Future". Sobre bases aparentemente correctas en aquella época, Hartley estableció predicciones referentes a los tres factores primarios —población, energía y alimentos— que pueden determinar el destino de la humanidad. Supuso entonces que para el año 2.000 la población mundial podría alcanzar los 3.500 millones de habitantes. Como es bien sabido, esta cifra ha sido ya rebasada y los informes recientes de las Naciones Unidas indican que para el año 2.000 (si la fertilidad permaneciese constante) se rebasarán los 7.000 millones de habitantes. En cuanto al consumo de energía, Hartley predijo que para la citada fecha se alcanzaría el equivalente a $7,5 \cdot 10^9$ toneladas de carbón; hace ya cinco años que se rebasó la cifra de $8,8 \cdot 10^9$ toneladas y aún quedaban entonces 27 años para terminar el siglo.

Sobre la producción de cereales supuso Hartley que la misma podría duplicarse para finales del presente siglo en los países con agricultura *sofisticada*. En realidad, la producción de trigo en Estados Unidos, por ejemplo, creció desde 2.500 kilogramos por hectárea en 1954 hasta 5.500 en 1973, es decir, experimentó un aumento del 120 por ciento, en sólo diecinueve años.

Es bien conocido, por otra parte, el magnífico estudio elaborado por Denis Meadows y colaboradores en el Massachusetts Institute of Technology, financiado por el Club de Roma (*Los Límites del Crecimiento*. Primer Informe al Club de Roma), en el que se utilizaron los principios del análisis de sistemas desarrollados por Jay Forrester. El mensaje fundamental de este estudio consistía en que los sistemas económicos e industriales de los países desarrollados colapsarían hacia el año 2.100, a no ser que, antes de esa fecha, se llegasen a cumplir las dos condiciones siguientes. La primera, que el número de nacimientos llegase a igualarse al número de muertes; la segunda, que las inversiones de capital llegasen a ser iguales a la depreciación del propio capital. En estas condiciones (en un mundo regido por un bucolismo idílico), Meadows ofrece a la humanidad una oportunidad de supervivencia, a la que denomina *modelo de mundo estabilizado* *.

Han sido múltiples y muy diversas las críticas surgidas con referencia a esta publicación, que van desde su total aceptación hasta su absoluto rechazo. El trabajo fue cuidadosamente examinado por tres grupos prestigiosos y responsables: el Banco Mundial, la Universidad de Sussex y la compañía Shell en Holanda. Las conclusiones de estos estudios son bastante coincidentes al indicar que muchas de las suposiciones que se utilizaron para *alimentar* los ordenadores "no fueron establecidas científicamente y el uso de los datos fue con frecuencia descuidado y casual". Según Meadows, una de las causas del supuesto colapso en el año 2.100 es el efecto de la contaminación del ambiente en la longevidad del hombre. Así, Meadows supone que la expectativa de vida decrecerá muy sensiblemente al aumentar

* Modelo de crecimiento nulo, cuyos partidarios reciben el nombre de ZEGUISTAS (Zero Growth, en inglés), frente a los desarrollistas, que propugnan el máximo desarrollo, sin preocuparse por la supuesta limitación de recursos de nuestro planeta.

la contaminación; en los países más industrializados dicha contaminación llegaría a ser tan intensa que la vida media del hombre descendería desde 70 a 49 años. En primer lugar, no tiene en cuenta Meadows los esfuerzos ya iniciados por los países más industrializados en el sentido de combatir la contaminación ambiental, que en muchos casos, como veremos más adelante, han comenzado a dar resultados altamente satisfactorios; en segundo lugar, el citado autor se olvida de la enorme capacidad de adaptación de los seres vivos —desde la ameba al hombre— al medio ambiente. Todo ello contribuye a desvirtuar los modelos elegidos por Meadows y, consecuentemente, a invalidar muchas de las conclusiones, que de los mismos se han obtenido.

En el mismo orden de las predicciones, Servan-Schreiber publicó "una especie de novela épica, pero verdadera", titulada "El Desafío Americano" (8), en la que "describe, en un tono lírico, lo que puede ser el porvenir de Europa", siendo, quizá, "la primera novela de la nueva civilización: la del cosmos, los ordenadores y el átomo". No vamos a tratar de analizar aquí el contenido de tan formidable estudio, pero sí queremos destacar, por ejemplo, que su creencia sobre el hecho de que la inversión norteamericana "constituiría una toma de poder dentro de la economía europea" parece que está tomando otros derroteros durante los últimos años. Es bien cierto que en 1967 la inversión de capital norteamericano, en activo fijo, es decir, en fábricas y material, sin contar los capitales circulantes (que representan otra cantidad casi igual), ascendía a 14.000 millones de dólares, pero también es cierto que ahora, pasada la mitad de la década de los años setenta, puede hablarse más bien del "desafío europeo", como consecuencia de las fuertes inversiones que las compañías europeas están realizando directamente en los Estados Unidos. El alcance y el impulso de estas inversiones es impresionante, ya que frente a las cerca de 400 inversiones realizadas en los cinco años comprendidos entre 1968 y 1972, se produjeron aproximadamente 600 durante los tres siguientes años. El valor neto de las inversiones directas europeas ha alcanzado la cifra de 17.000 millones de dólares, lo que significa un incremento aproximado del 70% en cinco años. En 1976 se

(8) Jean-Jacques Servan-Schreiber, "Le Défi American", Ed. Denöel Paris, 1967.

produjo un aumento muy significativo con respecto a 1975, ya que se pasó de 159 nuevas inversiones a 250. Para 1980 se prevén incrementos adicionales que, según los países, deberán oscilar entre el 8,5 y el 20 por ciento. En un informe publicado por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos en 1976 se estima que la inversión extranjera directa en dicho país alcanzó la cifra de 26.500 millones de dólares y el valor total de los activos de las correspondientes empresas fue de 174.300 millones de dólares.

Mientras esto ocurre, el ritmo de inversiones directas norteamericanas en Europa ha registrado su primer descenso, después de más de una década. Según el mismo Departamento de Comercio, en 1976 este descenso se calcula en el 2,7 por ciento. Las causas de estos cambios de rumbo en las inversiones parecen residir fundamentalmente en los costes *, en el clima empresarial (inflación, políticas impositivas, así como el coste y la inflexibilidad de la legislación sobre el despido en Europa) y en el clima político (inestabilidad política en muchos países europeos, riesgos de nacionalizaciones, etc.). Esta difusión de capital europeo hacia los Estados Unidos es un signo de inestabilidad europea y está, en realidad, de una forma indirecta, reforzando aún más la potencialidad de la industria norteamericana **, pero sobre bases muy diferentes a las supuestas por Servan-Schreiber.

Con todas estas consideraciones, lo que tratamos de poner de manifiesto son las dificultades intrínsecas que presenta cualquier intento de previsión del futuro de una sociedad muy compleja en sí misma y que, además, viene siendo afectada continuamente por nuevos factores (descubrimientos científicos; crisis políticas, energéticas y de recursos, etc.) que, inevitablemente, hacen variar muy sensiblemente el rumbo de los acontecimientos.

Todos los estudios referentes a la previsión del futuro están siendo fuertemente estimulados por la angustia que viene dominando últimamente al

* En 1958, los costes de la mano de obra en Europa eran sólo del 48% de la norteamericana; hoy se estima que están a la par o incluso más altos en muchos países europeos.

** Los 174.300 millones de dólares de inversión total extranjera señalados anteriormente significan solamente el 3,4 por ciento del total bruto de la inversión norteamericana en el exterior.

ciudadano moderno, especialmente a las generaciones jóvenes (generalmente más instruidas), que quieren conocer las condiciones en que se van a desenvolver en los años dos mil. Este gran interés por el futuro ha plasmado en el desarrollo reciente de esa difícil rama de la *ciencia* que ha dado en llamarse *futurología* y que ha sido incorporada ya a muchas universidades, que desarrollan cursos sobre la misma. En este sentido no debemos olvidar aquel viejo proverbio chino: "Profetizar es sumamente difícil... sobre todo con respecto al futuro".

A propósito de todo ello, Daniel Bell, Presidente de la "Comisión del Año 2.000" de la Academia de Artes y Ciencias de los Estados Unidos, indicó hace ya algunos años en su obra titulada "The Reforming of General Education" que la historia de nuestra generación, es decir, la historia de los próximos treinta años, constituirá el advenimiento de una nueva sociedad, a la que él llamó "post-industrial". Este nuevo término, que encierra un buen número de nuevos cambios fundamentales, parece que definirá el horizonte de la nueva sociedad del año 2.000, la cual será bien diferente de la que ahora vivimos. Por otra parte, hace ya más de una década, el eminente economista Kenneth Boulding, en una comunicación a la "Conference Nobel" (9), resaltó muy gráficamente la magnitud de los cambios acaecidos durante las últimas décadas en el mundo occidental al indicar que "el mundo de hoy es tan distinto de aquel en que nació, como lo era este último del de Julio César". Esta sorprendente declaración de Boulding ha sido comentada por Alvin Toffler (10) con las siguientes observaciones. Si los últimos 50.000 años de existencia del hombre se dividen en generaciones de aproximadamente sesenta y dos años, habrán transcurrido, desde entonces, 800 generaciones. De estas 800 generaciones, más de 650 habrían tenido las cavernas por escenario. Sólo durante los últimos setenta lapsos de vida ha sido posible, gracias a la escritura, la comunicación de unos lapsos con otros. Sólo durante los últimos seis lapsos han podido las masas humanas

(9) "The Prospects of Economic Abundance". Universidad Gustavo Adolfo, 1966.

(10) A. Toffler, "Future shock". Trad. Española, "El Shock del Futuro", Plaza y Janes, 1971.

leer textos impresos y sólo durante los dos últimos se ha utilizado el motor eléctrico.

La inmensa mayoría de los artículos materiales que utilizamos en la vida cotidiana actual ha sido inventada por la presente generación, que es la que hace el número 800. Esta generación nuestra ha marcado una tajante ruptura con toda la experiencia humana anterior, ya que el hombre ha logrado invertir su relación con los recursos de la naturaleza. Dentro de esta generación, la agricultura, que ha venido siendo el fundamento primitivo de todas las civilizaciones, ha perdido su predominio en todas las naciones desarrolladas. En la actualidad, la agricultura emplea menos del 15 por ciento de la población activa en los países desarrollados. En los Estados Unidos, cuyas tierras alimentan a más de 360 millones de personas de todo el mundo, la población activa dedicada al sector agrícola oscila alrededor del 5 por ciento.

Volviendo a la sociedad "post-industrial" de Bell, indicaremos que ha sido también denominada de muy diferentes formas: *sociedad super-industrial*, *sociedad tecnocrática*, *pueblo global*, *era de la electricidad*, *post-civilización*, etc. Tal vez ninguno de los calificativos sea correcto, pero lo que sí se señala como característico de esa sociedad del futuro es su elevada renta *per cápita*, que oscilará entre 4.000 y 20.000 dólares anuales, es decir, unas cien veces superior a la del período preindustrial.

En esa futura sociedad, la mayoría de las actividades económicas se habrán alejado de los sectores primario (agricultura) y secundario (producción industrial) para pasar al terciario (servicios) y a un nuevo sector, el *cuaternario*, que irá creciendo de forma muy sensible. Este nuevo sector *cuaternario*, que se define como sector avanzado del terciario, incluirá las investigaciones desinteresadas, la cultura, las instituciones no lucrativas, la investigación científica básica, el conocimiento teórico, etc. La industria, en esa nueva sociedad, será regida fundamentalmente por la cibernética, y el factor principal del progreso se fundamentaría en los sistemas de educación y en la innovación tecnológica puesta a su servicio.

Las características de esa futura sociedad "post-industrial" o "super-indus-

trial" son anticipadas por Herman Kahn y colaboradores en su obra titulada "Los próximos 200 años: Un escenario para América y para el mundo" (11). Uno de los acontecimientos que Kahn y sus colaboradores establecen en su obra es que la población mundial se estabilizará, antes del año 2.176, en 15.000 millones de habitantes, para los cuales no se plantearán problemas de escasez de alimentos, ya que las nuevas técnicas agrícolas y el aumento de la superficie de las tierras cultivadas, unido a las posibilidades de obtención de proteínas sintéticas bastarían para cubrir todas las necesidades de esa población. A este respecto, se calcula que el total mundial del suelo potencialmente arable supera los 3.000 millones de hectáreas y sólo el 44 por ciento se cultiva en la actualidad (12). Por otra parte, es ya posible realizar un uso combinado de la energía solar y de las enzimas en el proceso de transformación de la celulosa en glucosa. Se estima que la producción mundial de celulosa oscila actualmente alrededor de 100.000 millones de toneladas anuales (13), lo que equivale, aproximadamente, a 70 kilogramos por día y persona de las que actualmente habitan el mundo. Mientras que una gran parte de esta celulosa es utilizada por el hombre en forma de madera, papel, cáñamo, etc., la mayor parte se consume en aprovechamientos agrícolas, paquetería y una buena parte pasa a los desechos y basuras. Se ha descubierto que determinadas enzimas pueden hidrolizar específicamente la celulosa, transformándola en glucosa, la cual puede ser convertida, mediante acción microbiana, en proteínas sencillas, o en carburantes y otros productos químicos, mediante fermentaciones específicas. En un reciente proyecto de investigación se ha demostrado que a partir de una tonelada de papel de desecho se pueden obtener quinientos kilogramos de glucosa, la cual puede ser transformada por fermentación en cerca de trescientos litros de etanol (13).

(11) H. Kahn, W. Brown y L. Martel, "The Next 200 Years: A Scenary for America and the World". Hudson Institute. Publ. William Morrow and Co., New York, 1976.

(12) M.F. Strong, "Es imperativo un enfoque mundial del ambiente", *Horizontes U.S.A.*, 6, 1974.

(13) H. Guyford Stever, "Science and Technology-Shifting Priorities". *Science, Technology and Modern Society*. Ed. Frederick R. Eirich. Polytechnic Institute of New York, January, 1977.

A Herman Kahn tampoco le preocupan las materias primas ni los recursos energéticos; supone que, aunque la demanda de dichas materias primas llegará a aumentar hasta sesenta veces, casi todas ellas (el 99,9 por ciento) son prácticamente inagotables, si se tienen en cuenta no sólo los yacimientos actualmente en explotación, sino todos los existentes en la tierra y en los océanos, los cuales serán explotables en los próximos años gracias a los avances tecnológicos. Otro aspecto importante es el *reciclaje* de los materiales y las posibilidades de sustitución de unos por otros. En cuanto a la energía, considera Kahn que tampoco llegará a extinguirse, ya que, a los recursos potenciales de energía "fosilizada" —que los considera suficientes para cerca de 500 años— hay que añadir las nuevas fuentes energéticas, como son la fisión nuclear (que tendrá carácter transitorio por los serios inconvenientes que puede acarrear), la energía solar, la energía geotérmica y la fusión nuclear.

Supone también Kahn que, en contra de lo que generalmente se cree, las diferencias entre los países ricos y los países pobres no serán acentuadas por el desarrollo sino que es éste el único que podrá amortiguarlas. En este sentido, el Lord Ashby of Brandon (14) vaticina que se llegará a una especie de retorno atávico a los tiempos de las conquistas coloniales y que la balanza de poder irá pasando desde las naciones que actualmente *usan* las materias primas hacia las naciones que *poseen* dichas materias primas. A este respecto, ya hemos comentado anteriormente las gigantescas transferencias de poder económico hacia los países que poseen los crudos de petróleo. Kahn indica que el medio más eficaz para llegar a un equilibrio de riqueza sería la implantación masiva de industrias, por parte de los países desarrollados, en las naciones del tercer mundo. Si bien ésta puede ser una solución aceptable, sin embargo requeriría que, por parte de los países industrializados, se estudiaran profundamente las culturas de esos países del tercer mundo (sus lenguas, sus religiones y sus valores sociales) para adaptarse a ellas en todas las actividades que hayan de realizarse en dichos países, evitando así choques y frustraciones. Hay que tener en cuenta que la euforia

(14) The Lord Ashby of Brandon, "A Second Look at Doom", The Twenty First Fawley Foundation Lecture. University of Southampton. 1975.

política surgida en los países del tercer mundo como consecuencia de su independencia política se evaporó muy pronto, transformándose en frustración y resentimiento, cuando comprobaron que no poseían la soberanía sobre sus propios recursos naturales. Esta frustración ha creado una ideología común en estos países que poseen las materias primas que necesitan los países industrializados; dicha ideología está por encima de cualquier consideración económica racional. Consideran estos países del tercer mundo que ahora poseen un arma política que pueden utilizar en todo momento contra los países que, bajo su punto de vista, han adquirido su desarrollo a costa de la explotación prácticamente gratuita de sus recursos naturales. Lo más grave del caso es que parece que seguirán utilizando dicha arma política, aunque sea en contra de sus propios intereses a largo plazo, pues esa postura ha adquirido la categoría de dogma entre dichos pueblos. Si se logra racionalizar esa postura, tal vez se podría llegar a un adecuado equilibrio de desarrollo entre países ricos y pobres.

Volviendo de nuevo a las previsiones de la sociedad del futuro, Kahn considera que, en todo caso, el crecimiento industrial y económico se regularán por sí mismos, ya que irán apareciendo factores que ejercerán una acción frenadora; entre estos factores se pueden destacar la ley de rendimiento decreciente, los cambios sociológicos que se producirían en la sociedad *post-industrial* y muy especialmente, la baja productividad material de los servicios *cuaternarios*, que tendrán cada vez más entidad en la sociedad del futuro.

Kahn supone además que, después de ese período de desactivación económica, todas las naciones del mundo habrán alcanzado para dentro de doscientos años (él establec, como ya hemos indicado anteriormente, la fecha del año 2.176) un nivel de vida superior al que hoy disfrutaban Alemania Federal y Francia. Para dicha fecha, el producto mundial bruto habrá llegado a 300 billones de dólares (actuales), lo cual supone una renta media *per cápita* de 20.000 dólares, frente a los 1.340 dólares correspondientes a 1976. La relación de este producto *per cápita* entre países ricos y pobres, que hoy es de 100 a 1, se habrá amortiguado muy notablemente, hasta llegar a ser de 5 a 1; por ejemplo, los Estados Unidos alcanzarán los 50.000 dólares y la India los 10.000 dólares.

En otro informe aparecido también el pasado año, elaborado por Herrera y colaboradores (15), miembros de la "Fundación Bariloche" (Argentina), se parte de un modelo nuevo y diferente al de Kahn para descubrirnos las características de lo que sería la *nueva sociedad*. El punto central de este modelo es establecer primeramente el objetivo a alcanzar, que es suprimir la miseria en toda la faz de la tierra. No se acepta, por tanto, que el futuro haya de estar necesariamente diseñado por la simple extrapolación de las tendencias y los valores económicos y sociopolíticos de la sociedad industrial actual, que llevaría, sin duda, a resultados catastróficos; se trata de indicarnos cuándo el mundo puede llegar a ser más justo y cuándo puede acabarse con la miseria mediante una *adecuada* coordinación de las futuras decisiones del hombre con las variables fundamentales de nuestra civilización actual. El informe se ha elaborado sobre la base de una serie de premisas metodológicas conceptuales y económicas, entre las que podemos destacar las siguientes. Se considera que se habrá acabado la miseria cuando sean cubiertas las necesidades esenciales del hombre, que pueden resumirse como sigue: alimentación, que se estima en 3.000 kilocalorías y 100 gramos de proteínas por persona y día; educación, que se considera indispensable entre los 7 y los 18 años (12 años en total); vivienda, con 70 m² para una familia de 3,5 personas en Iberoamérica y 7 m² por persona en Africa y Asia, dado el nivel tan bajo desde el que hay que partir.

Otras premisas consisten en suponer que el sistema de producción debe estar orientado exclusivamente a satisfacer las necesidades esenciales del hombre que hemos señalado, para lo cual los ritmos de expansión industrial deben adaptarse de tal forma que los países en desarrollo deberán mantener un crecimiento indefinido superior al dos por ciento anual y los países industrializados deberán reducir ese ritmo al 1 ó 2 por ciento a medida que vayan alcanzando los 4.500 dólares de renta *per cápita*. Será necesario, además, que el progreso tecnológico continúe, pero con una concepción totalmente diferente a la actual, procurando que las diferencias entre los

(15) Amílcar O. Herrera, "Catastrophe or New Society? A Latin American World Model". Publ. Center for Research on International Development. University of Ottawa. Canadá, 1976.

países ricos y pobres se vayan haciendo cada vez menores, hasta conseguir igualdades de nivel en todos los pueblos.

El trabajo elaborado por Herrera y colaboradores fue desarrollado utilizando ordenadores, sin considerar el tiempo, pues lo que se trataba de conocer es precisamente cuándo se conseguiría el objetivo previsto, es decir, la eliminación de la miseria en todo el mundo. Los ordenadores indicaron que esto ocurriría en el año 2.060. A este respecto conviene indicar que la función de los *ordenadores* no es ordenar en el sentido de *dar órdenes* por sí mismos, sino *ordenar* en cuanto se refiere a *poner en un determinado orden* y a combinar en la forma *en que el hombre les ordene*, una serie de factores y variables, generalmente complejas. En la sociedad moderna, el mundo de los ordenadores o calculadores electrónicos está jugando un papel fundamental en los controles industriales, en la acumulación y difusión de información, en las grandes planificaciones, en las actividades aeroespaciales, etc. Ya en la presente década la industria de los ordenadores ha pasado a ser, en volumen, la tercera, después de las del petróleo y el automóvil; se espera fundadamente que en la sociedad del futuro los nuevos ordenadores basados en los *circuitos integrados* ejercerán funciones que la mente humana se resiste a imaginar.

Volviendo al informe Herrera, indicaremos que también nos proporciona datos acerca del futuro de las cuatro grandes regiones en que divide el mundo. En la primera región, constituida por los países desarrollados, las necesidades esenciales globales han sido ya rebasadas hace varios años; en ella, la renta *per cápita*, que era de 1.400 dólares en 1960, ascendería a 4.500 dólares en 1995, y a 9.470 dólares en el año 2.060. Por otra parte, el crecimiento demográfico, que en 1960 fue del 1,3 por ciento, llegaría a ser nulo a partir del año 2.023. Todo esto quiere decir que, incluso regulando la tasa de expansión industrial, los países desarrollados alcanzarían con bastante rapidez un mayor nivel global de bienestar económico.

En cuanto a la segunda región, constituida por todos los países de Iberoamérica, las necesidades básicas se alcanzarían en el año 1990 y la renta *per cápita* sería de 5.750 dólares en el año 2.060; el crecimiento demográfico, que actualmente es del 2,8% anual, iría disminuyendo paulatinamente y en

el año 2.060 sería del 0,43%. En los países de la tercera región, formada por las naciones africanas en las que la renta *per cápita* era de 137 dólares en 1960, se produciría la expansión industrial lentamente, hasta llegar a una renta de 560 dólares en el año 2.008, fecha en la que las necesidades materiales esenciales para el hombre africano quedarían satisfechas; en el año 2.060, la renta *per cápita* alcanzaría los 2.700 dólares anuales.

Finalmente, el cuarto y último grupo de naciones (las asiáticas), no logrará alcanzar esas necesidades esenciales hasta el año 2.060. El problema fundamental de Asia será el de la alimentación, supuesto que se calcula que para el año 2.010 toda la tierra allí disponible habrá entrado en cultivo. En el año 2.000 se podría alimentar adecuadamente toda esa población (de acuerdo con los módulos establecidos para los cálculos: 3.000 kilocalorías y 100 gramos de proteínas por persona y día) si la productividad agrícola llegase a alcanzar una media de 6.000 kilogramos por hectárea (algo superior al alcanzado en los Estados Unidos para el trigo en 1973). Si no se llegan a alcanzar esos rendimientos, tendría que complementarse la alimentación con recursos agrícolas procedentes de otros países anticipados en el desarrollo, que aún dispondrían de tierras sin cultivar. En todo caso, los países asiáticos tendrían que poner especial interés en el desarrollo de la pesca y la ganadería, así como en la obtención de alimentos a partir de recursos distintos a los convencionales. La renta *per cápita* en estos países pasaría de 90 dólares en 1960 a 710 dólares en el año 2.040. Al mismo tiempo, el crecimiento demográfico se reduciría, desde el 2,42 por ciento en 1960 hasta el 1,38 por ciento en el año 2.040, fecha en que la población total de Asia sería de 7.840 millones de habitantes.

Más importante aún que este equilibrio de desarrollo que se alcanzaría entre los pueblos de la tierra sería, a nuestro juicio, el equilibrio, dentro de cada país, entre las regiones y entre los sectores sociales, en el sentido de amortiguar las grandes diferencias de economías y de poder que, en muchos casos, son bien patentes en la actualidad en muchos países.

Como hemos visto, las diferentes versiones sobre la sociedad del futuro son producto de planteamientos diferentes, con premisas o modelos también diferentes y constituyen lo que podríamos calificar como *previsión de acon-*

tecimientos posibles, en los que el hombre es el principal protagonista, como ser libre, pero al mismo tiempo encarcelado en la compleja maraña de las circunstancias de su mundo. En la mano del propio hombre reside la posibilidad de establecer los modelos reales que, desde ahora, habrán de regir los procesos de expansión y desarrollo.

No creemos que puedan ser rígidos e inmutables esos modelos que han de servir para regular o encauzar las decisiones del hombre con vistas a esa nueva sociedad del futuro, sino que tendrán que irse amoldando a las circunstancias, no solamente económicas, sino socio-políticas, geo-políticas, etc., de cada momento; deberán tenerse en cuenta, además, las insospechadas posibilidades que brindan los nuevos descubrimientos de la ciencia. Por todo ello, las decisiones a este respecto deberían ser tomadas después de los correspondientes asesoramientos, en los que las Universidades y demás instituciones científicas habrían de tener una función primordial.

Es evidente que, a medida que se vayan resolviendo las dificultades tecnológicas en lo que respecta al aprovechamiento con rentabilidad económica de las energías solar, geotérmica, marina, etc., se producirán desplazamientos en lo referente a las zonas de potencialidad energética; así, por ejemplo, los países mediterráneos y los del medio oriente poseerán enormes ventajas en cuanto al aprovechamiento de la energía solar, en relación con los países nórdicos. El control de la energía en los procesos de fusión nuclear llevaría también a unos imprevisibles desplazamientos y concentraciones de poder energético y tecnológico, con las consiguientes repercusiones en el poder político.

Por otra parte, una de las más serias críticas al modelo de Meadows ("Los Límites del Crecimiento") se basa en el hecho de que la intensidad de las exploraciones del hombre es una función de las necesidades; a medida que los recursos disminuyen se intensifica la búsqueda de nuevos yacimientos que, con nuevas y más perfectas técnicas, pueden ser descubiertos. Además, como ya señalamos anteriormente, la nueva tecnología va permitiendo la explotación de menas menos ricas o el *reciclaje* se va haciendo económico; o bien se encuentran o se adaptan nuevas sustancias como sustitutos.

Son por tanto, como vemos, muy pocos los parámetros que podrían considerarse con validez permanente para la construcción de una sociedad ideal para el futuro. Entre ellos, y a la cabeza de los mismos, está la educación. A este respecto, el célebre informe de Edward F. Denison, redactado en 1964 y completado y puesto al día cada año por el "Bureau of Census" del Departamento de Estadística de Washington, ha valorado los factores que han venido influyendo en la expansión industrial desde que, hace ya dos siglos, Adam Smith publicó su famosa obra titulada "La riqueza de las naciones" (1776). La conclusión principal del trabajo de Denison, que ha venido siendo confirmada por los informes complementarios posteriores, es que "la enseñanza es el más importante de los factores económicos que originan la expansión industrial". Lo que más nos sorprende es que a esa misma conclusión ya había llegado hace veintiséis siglos el famoso chino Kuan-Tsú, sobre bases mucho menos complejas que las utilizadas recientemente por Denison, al aconsejar en su proverbio (siglo VI antes de J.C.):

Si tus proyectos son para un año, siembra grano.

Si son para diez años, planta un árbol.

Si son para cien años, instruye al pueblo.

Sembrando grano una vez, recogerás una vez.

Plantando un árbol, recogerás diez veces.

Instruyendo al pueblo, recogerás cien veces.

Parece ésta, por tanto, una conclusión ciertamente válida y permanente; una educación, añadiríamos, que deberá estar basada en el concepto de un mundo constituido por una unidad ecológica finita, en la que todos los hombres, todos los seres vivos y todos los recursos humanos están íntimamente relacionados, de tal forma, que cualquier acción del hombre repercute en la sociedad general humana y en nuestro medio ambiente.

Esa educación global habrá de buscar el equilibrio y la integración de los pueblos y es la única que podrá ayudar a aliviar la angustia que impregna e invade al hombre moderno, y la que la hará recobrar el necesario optimismo; es la que ayudará a reajustar el ritmo de la vida y a encauzar la psicosis de transitoriedad, aliviando ese fenómeno psico-social que se ha dado en llamar el *shock del futuro*.

3. EL MEDIO AMBIENTE

Aproximadamente una cuarta parte de los seres humanos nacidos en el mundo, desde los tiempos prehistóricos hasta la fecha, están vivos actualmente. La población humana alcanzó los cuatro mil millones de habitantes en 1975 y, dadas las mayores expectativas de vida actuales y las previsibles para el futuro, se calcula que para el año dos mil se llegarán a superar los 7.000 millones de habitantes, como ya indicamos anteriormente.

Por otra parte, en el momento presente se conocen más de dos millones de sustancias diferentes y cada año son descubiertos millares de nuevos compuestos químicos, muchos de los cuales son introducidos en el comercio internacional en cantidades que superan a veces los centenares de miles de toneladas anuales. En muchos casos se conoce muy poco acerca de la acción que estas sustancias pueden ejercer, en plazos más o menos largos, sobre la salud humana y sobre la natalidad, pero lo que sí es evidente es su acción contaminante sobre el medio ambiente en el que se vienen desarrollando las colectividades humanas, cada vez más numerosas y complejas.

Son numerosas las sustancias químicas tóxicas que han sido preparadas y utilizadas extensivamente desde que finalizó la Segunda Guerra Mundial. Entre las sustancias de este tipo están los plaguicidas, los cuales se han venido utilizando descontrolada y abusivamente en muchos casos, durante

los últimos treinta años, con fines agrícolas y domésticos. Estos abusos han provocado intoxicaciones graves que, a veces, han llegado a ser masivas; pero, a largo plazo, es aún más grave la perturbación que han producido en el equilibrio biológico de numerosos sistemas de la tierra.

Estas últimas circunstancias dieron lugar a que, mediada la década de los años cincuenta, algunos investigadores iniciasen una campaña en el sentido de alertar a los gobiernos para que se realizasen los estudios pertinentes y se tomasen las medidas adecuadas con el fin de evitar mayores catástrofes. Esta campaña adquirió una especial fuerza con la publicación en 1962 de la obra titulada "Primavera silenciosa" (16), en la que se ponía especialmente de manifiesto el gravísimo peligro para el futuro de la humanidad del uso incontrolado de muchos plaguicidas, especialmente de algunos de los que contienen cloro en sus moléculas. Destacaba la autora de la citada obra que mientras hemos ido viendo cómo nuestro propio ambiente se ha ido envenenando, muchos tipos de insectos —incluyendo moscas y mosquitos— han ido originando razas superiores constituidas por individuos inmunes al ataque de aquellos productos químicos. Ha sido mucha la ignorancia y excesivo el atrevimiento en el uso de multitud de productos químicos que, aunque han venido produciendo un bien inmediato a la humanidad, han dejado un penoso y dramático rastro en nuestro medio ambiente (suelo, agua, aire, frutos, plantas, etc.), cuya total erradicación será muy difícil de conseguir.

Se estima actualmente que del 60 al 90 por ciento de los casos de cáncer existentes en los seres humanos están relacionados con factores ambientales. Entre estos factores ambientales pueden destacarse el tabaco, la exposición general a la acción de los productos químicos en los lugares de trabajo, la acción de la radiación solar y cósmica, el asbesto y las aflatoxinas (17). Aparte de todo ello, son bien conocidos los efectos altamente tóxicos que se han venido produciendo durante los últimos años en las cercanías de las zonas

(16) Rachel Carson, "Silent Spring". Houghton Mifflin Co., Boston, U.S.A., 1962.

(17) "Environmental Quality". The Sixth Annual Report of the Council on Environmental Quality. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. December, 1975.

industriales y de las concentraciones de población, como consecuencia de la acumulación en el medio ambiente de multitud de agentes contaminantes, entre los que podemos destacar (aparte de las partículas en suspensión, de naturaleza muy diversa), el dióxido de azufre, el monóxido y dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los insecticidas (en especial el DDT) y herbicidas (18), el mercurio, los policloruros de bifenilo, los detergentes, los hidrocarburos, etc. etc.

Los graves problemas creados en general como consecuencia de esta acumulación progresiva de agentes contaminantes y las insistentes recomendaciones de algunos científicos han inducido recientemente a muchos gobiernos e instituciones públicas y privadas a aportar cuantiosos medios para el estudio de soluciones idóneas. De esa movilización de recursos humanos y económicos han surgido durante los últimos años interesantes investigaciones que han permitido no sólo un mejor conocimiento de nuestro medio ambiente, sino también resolver, aliviar o incluso prevenir la aparición de nuevos problemas ambientales.

Gracias a todo ese esfuerzo en el campo de la investigación se ha podido también poner claramente de manifiesto la interdependencia de multitud de factores en ese complejo sistema que constituye el medio ambiente. Hoy podemos decir que todo depende de todo y que no es posible hacer una sola cosa aislada, sin que sea perturbado el medio ambiente general de nuestro planeta.

Por otra parte, y aunque todo ello haya constituido una dramática experiencia para la humanidad, no puede perderse de vista, por ejemplo, la enorme utilidad derivada del uso controlado y adecuado de los plaguicidas; además, los problemas creados al respecto han estimulado a aprender más y más sobre el control de los insectos y gérmenes dañinos por métodos diferentes (esterilización, etc.), que son más lentos pero más eficaces y seguros, y menos peligrosos que los que utilizan productos químicos tóxicos, los cuales estaban envenenando todo nuestro entorno.

(18) J. de D. López González, C. González Gómez y M. Ruiz de Almodovar, "DDT, a Contaminating Agent of the Atmosphere", *Anales de Química*, Vol. 71, 5, 1975.

Los resultados obtenidos al aplicar los métodos anticontaminantes vienen siendo satisfactorios, en general, aunque su costo suele ser elevado. Los fondos dedicados a combatir y evitar la contaminación ambiental irán necesariamente en aumento en los países desarrollados. En los Estados Unidos, por ejemplo, las cantidades destinadas a los programas anticontaminación están siendo incrementadas muy sensiblemente y se estima que para el año 2.020 el presupuesto anticontaminación puede llegar a ser superior al de defensa (15), lo que nos da una idea bien clara de la enorme importancia del tema en cuestión.

Dada la complejidad de los problemas del medio ambiente, y ante la imposibilidad de tratar aquí el tema de una forma global, sólo intentaremos exponer unas muestras sobre el nivel de conocimiento actual en este campo, para lo cual hemos elegido dos ejemplos relativamente sencillos, que seguidamente vamos a comentar, y en los que destacaremos la interdependencia de todos los procesos que tienen lugar en dicho medio. El primer problema se refiere a la contaminación por el mercurio, que es un elemento simple, y cuya acción queda bien patente en el suelo, agua, plantas y animales, así como en las zonas muy bajas de la troposfera; el segundo corresponde a la acción contaminante y perturbadora que determinadas sustancias químicas, producidas actualmente en grandes cantidades y lanzadas directa o indirectamente a la atmósfera, pueden ejercer en la estratosfera terrestre.

3.1. Contaminación del medio ambiente por el mercurio

El mercurio es un elemento químico que, aunque es muy poco abundante en la naturaleza ($5 \cdot 10^{-5}$ % en peso en la litosfera), se encuentra muy difundido en todo el medio ambiente; así, por ejemplo, en el agua del mar su concentración oscila entre 30 y 2.000 partes por billón. Las especiales características del mercurio* le hacen muy útil en numerosas aplicaciones técnicas, siendo muchas las industrias que actualmente utilizan este elemento químico, tanto en sistemas en los que el mismo interviene en

* El mercurio es un metal líquido a la temperatura ambiente, buen conductor del calor y de la electricidad; posee, además, una elevada densidad y una gran tensión superficial, así como una especial habilidad para formar amalgamas.

procesos intermedios sin consumirse (electrodos, síntesis, orgánicas, etc.), como en la preparación de productos químicos y farmacéuticos.

Una vez que el mercurio es obtenido de los yacimientos minerales que le contienen, se moviliza con extrema facilidad en distintas formas, contaminando peligrosamente el aire (su tensión de vapor es de $1,3 \cdot 10^{-3}$ mm., a 20°C), el agua (su solubilidad en agua destilada es de $6 \cdot 10^{-5}$ gramos por litro, a 25°C), el suelo y, final e inevitablemente, los seres vivos.

Una clara evidencia de cómo el hombre moderno ha provocado la dispersión del mercurio sobre toda la tierra está en el hecho de que los análisis realizados en los hielos de los glaciares de la Antártica correspondientes a 800 años antes de la Era Cristiana, comparados con los análisis de hielos formados en 1952 y en fechas posteriores, han puesto claramente de manifiesto que la concentración de mercurio en los mismos se ha incrementado en el 240 por ciento en el período comprendido entre 1952 y 1965. Este alarmante aumento en el contenido de mercurio en zonas tan lejanas y aparentemente ajenas a las actividades de las sociedades industrializadas, es consecuencia no solamente del uso comercial directo de dicho elemento químico, sino también de la liberación y movilización de mercurio por muchos otros medios indirectos, entre los que cabe destacar la combustión directa al aire de carbones, maderas, petróleos, etc. Se ha calculado que, aparte de los ocho millones de kilogramos de mercurio que constituyen la producción media anual mundial, la combustión del carbón libera anualmente más de tres millones de kilogramos de mercurio, que van directamente a la atmósfera (19). La madera contiene entre 0,5 y 3,5 partes por millón (p.p.m.) de mercurio, el cual puede pasar al ambiente, bien por combustión de dicha madera o como consecuencia de cualquier transformación comercial de la misma. Se ha demostrado que en diversos hornos de incineración de residuos de madera en los estados de Missouri e Illinois (U.S.A.), la emisión de mercurio al ambiente oscila entre 100 y 1.000 manogramos por cada metro cúbico de madera. En toda caso, en cualquier

(19) Oiva I. Johenshu, "Fossil Fuels as a Source of Mercury Pollution", *Science*, 172, 1027-28 (1971).

industria en la que se manipule mercurio, éste emite sus peligrosos vapores al aire, produciendo la correspondiente contaminación.

La toxicidad del mercurio era ya conocida por Hipócrates (hace aproximadamente 2.400 años), pero fue a mediados del siglo XIX cuando el mercurio comenzó a utilizarse extensivamente en los procesos de síntesis de nuevos compuestos orgánicos. Desde 1.953, numerosas plantas industriales, especialmente las dedicadas a la síntesis de cloruro de vinilo y de acetaldehído han venido utilizando compuestos de mercurio y han sido muy numerosos los casos de intoxicaciones como consecuencia de la ingestión de pescado contaminado con metil-mercurio procedente de las aguas residuales de dichas factorías (20). Por otra parte, es bien conocido el hecho de las frecuentes intoxicaciones mercuriales que se vienen observando últimamente con carácter masivo en muchas especies marinas.

En la década de los años sesenta, algunas especies de pájaros casi llegaron a desaparecer en Suecia, como consecuencia de la utilización de compuestos de mercurio para la desinfección de semillas. Experiencias realizadas en faisanes y pollos demostraron que niveles de mercurio residual semejantes a los encontrados en los pájaros salvajes producían una reducción en la puesta y disminuían la supervivencia de los embriones (21) (22).

Por otra parte, la exposición del fitoplancton marino a compuestos derivados del metil-mercurio en concentraciones tan pequeñas como de 0,06 p.p.m. es letal y exposiciones a sólo 0,0001 p.p.m. reducen sensiblemente la fotosíntesis y el crecimiento del citado plancton (23), el cual tiene, como es

(20) Organization for Economic Co-Operation and Development; *Mercury and the Environment: Studies of Mercury Use, Emission, Biological Impact and Control*, p. 67, Paris, 1974.

(21) J.W. Span et al., *Science*, 175, 328 - 31, 1972.

(22) N. Fimreite, *Canadian Journal of Animal Science*, 50, 387-89, 1970.

(23) Robert C. Harris et al., "Mercury Compounds Reduce Photosynthesis in Plankton", *Science*, 170, 736-737, 1970.

bien sabido, una extraordinaria influencia en el equilibrio biológico de nuestro planeta y en la supervivencia de los seres vivos en el mismo.

La toxicidad del mercurio es integral, ya que se trata de un elemento químico que no puede degradarse en sustancias más simples que él mismo, como es el caso del DDT o el aldrin/dieldrin, que pierden su toxicidad cuando son degradados o transformados en sustancias más simples, que no son tóxicas (24). Pero, además, si el mercurio se combina con otras sustancias, por ejemplo, cuando por acción bacteriana se transforma en metil-mercurio, los compuestos resultantes son más tóxicos aún que el propio mercurio. Recientemente se ha descubierto que el mercurio elemental depositado en sedimentos puede ser transformado en metil-mercurio por determinados organismos acuáticos, pasando después al agua, que queda así contaminada. Vemos por tanto que, incluso mediante procesos meramente naturales, el mercurio puede pasar al agua, concentrándose después en las especies marinas que luego han de servir de alimento al hombre (25).

Por todo ello, la única forma de evitar las contaminaciones por mercurio sería extraerlo totalmente del ambiente o estabilizarlo permanentemente mediante procesos físicos o químicos, de tal modo que fuese inaccesible a los procesos biológicos.

Durante los últimos años, diversos países han prohibido el uso del mercurio en multitud de procesos agrícolas (desinfección de semillas, insecticidas, etc.) e industriales (pinturas, fabricación de papel y pulpas, células electro-líticas, etc.). Todo ello hizo disminuir muy notablemente la demanda de mercurio en 1970 y 1971, aunque algunas industrias, especialmente las productoras de cloro, continúan utilizando mercurio en la actualidad.

(24) J. de D. López González y col., "Study of the retention of some substances of insecticidal and weed-controlling potential by the principal specific clay constituents". Final Technical Report (Project E-25-SWC-7. Ministerio de Agricultura U.S.A. y Departamento de Química-Inorgánica. Facultad de Ciencias. Granada). 1969.

(25) John M. Wood, "A Progress Report on Mercury", *Environment*, 14 (1), 33-39, 1972.

Como consecuencia de la estricta observancia de estas medidas legales, que han restringido notablemente el uso del mercurio a escala industrial, los problemas de contaminación por dicho elemento de las aguas de los Grandes Lagos de Estados Unidos y Canadá, que llegaron a ser realmente críticos, parece que se van atenuando en general, ya que a partir de 1971 las cantidades de mercurio residual encontradas, tanto en dichas aguas como en los diversos tipos de peces capturados en los citados lagos han disminuido notablemente (26). En este sentido se puede ya indicar que la zona de los Grandes Lagos, que constituyen el más grande depósito de agua dulce de toda la Tierra, está recuperando su antigua actividad biológica; por ejemplo, la concentración del insecticida DDT y la de mercurio en el Lago St. Clair, cercano a los Grandes Lagos, había disminuido en 1974 un 60 por ciento con respecto a la de 1970. Una idea de la importancia que puede tener la total descontaminación de la citada zona se deriva del hecho de que la séptima parte de la población total de Estados Unidos y la tercera parte de la de Canadá vive alrededor de los Grandes Lagos; además, la quinta parte del producto nacional bruto de Estados Unidos procede de dicha zona (27)*.

En lo que respecta a las aguas marinas cercanas a las costas, así como en el mar abierto, también se ha venido observando recientemente una disminución notable, en general, del contenido de mercurio residual en diversas especies marinas, que presentaron, por ejemplo, valores máximos alarman-

(26) John L. Hesse, "Contaminant in Great Lakes Fish", *Staff Report, Michigan Department of Natural Resources*, June, 1975.

(27) Roul Tunley, "Nueva Vida para los Grandes Lagos". *Horizontes*, U.S.A., 11, 1975.

* En relación con las mejoras de tipo más general obtenidas en el medio ambiente como consecuencia de la adopción de las medidas adecuadas en cada caso por diferentes países, podemos indicar, por ejemplo, que la emisión total de humos en Inglaterra, que en 1950 fue de 2.42 millones de toneladas, descendió a 0,77 millones en 1970. Los beneficiosos efectos de estas medidas anticontaminantes se han podido observar en el cielo de Londres y de Manchester. Por otra parte, en 1958 existían en Inglaterra 1278 millas de ríos altamente contaminados y en 1973 solamente quedaban 794 millas con igual grado de contaminación. Resultados generales análogos se vienen también obteniendo en los países continentales del Mercado Común Europeo y en los Estados Unidos (T.W. Hall, S.P. Johnson, J.B. Rich y R.C. Tincknell, *Chem. Soc. Rev.*, Vol. 5, 4, 431 - 71, 1976).

tes en 1970 (ostras, 0,8 p.p.m.; atún, 0,25 p.p.m.; pez espada, más de 1 p.p.m. en más de la mitad de las muestras analizadas) (28). Los niveles de mercurio encontrados en los peces marinos capturados recientemente parecen ser, en general, del mismo orden de magnitud que los correspondientes a las muestras de atún y pez espada de los museos, que fueron capturadas hace más de 93 años (29). Esta es una clara demostración de las satisfactorias consecuencias de la estricta observancia de una legislación que, en un período relativamente breve, está resolviendo un grave problema de contaminación del ambiente al haberse establecido un riguroso control en el uso del mercurio y, en todo caso, evitando el vertido de las aguas residuales industriales que le contienen a los ríos, lagos o mares.

Finalmente, en lo que respecta a la exposición del hombre a los efectos del mercurio a través de hojas, semillas, frutos o plantas y alimentos en general, en 1967 se calculó que el nivel medio total diario era de 0,01 p.p.m. En 1970 - 72 estos cálculos, referidos exclusivamente a la dieta de carnes, pescado y huevos, se elevaron a 0,04 p.p.m. En 1973 - 74, los niveles medios bajaron a 0,01 p.p.m., es decir, a la cuarta parte, como consecuencia de las restricciones legales, especialmente las referentes al ámbito agrícola. Hemos de tener presente que el hombre está además expuesto a la acción del mercurio a través del aire, agua y productos farmacéuticos. Se ha calculado que en los Estados Unidos cada persona está expuesta al menos a 23 microgramos de mercurio al día, a través de todos los medios que le rodean (30).

Como hemos visto, el uso del mercurio por el hombre presenta ya una larga historia de impactos relacionados con su distribución en nuestro ambiente, incluidas las regiones Polares. El conocimiento y control del complejo ciclo

(28) Robert E. Simpson et al. "Surveys of Mercury Levels in Fish and Other Foods" *Pesticides Monitoring Journal*, 7, 127 - 38, March, 1974.

(29) G.E. Miller et al., "Mercury concentrations in Museum Specimens of Tuna and Swordfish", *Science*, 175, 1112 - 22, 1972.

(30) William Corniglio, *Environmental Protection Agency, Preliminary Review of Mercury Monitoring Data from the United States*, March, 6, 1974.

del mercurio en el ambiente es aún muy incompleto, por lo que muchos de los resultados analíticos obtenidos no se corresponden adecuadamente con las medidas de control tomadas por el hombre en relación con su uso. Esta es una razón más que obliga, por una parte, a controlar aún más y mejor la manipulación y movilización del mercurio y, por otra, a continuar las investigaciones sobre el ciclo de este elemento químico y sobre los altamente nocivos efectos de su presencia en nuestro medio ambiente.

3.2. Contaminación y alteración de la estratosfera terrestre

Según acabamos de observar en el ejemplo que hemos comentado, la movilización del mercurio producida como consecuencia del desarrollo tecnológico de los últimos años ha provocado una contaminación de nuestro medio ambiente, que se extiende incluso a las zonas polares de la tierra y que está afectando a toda la humanidad. Sin embargo, dada la elevada densidad del vapor de mercurio, esta contaminación sólo afecta a las zonas más bajas de la troposfera. Esto es lo que en realidad ocurre con la casi totalidad de las sustancias contaminantes de nuestro medio ambiente, bien porque su masa molecular sea grande y la densidad de sus vapores elevada, o bien —di dichas sustancias son gaseosas y más simples— porque reaccionen con alguno de los componentes de la atmósfera o sean disueltas por la humedad atmosférica a medida que se van elevando, transformándose así en nuevas sustancias que son devueltas por las lluvias a la superficie de la tierra.

No obstante, cabe la posibilidad de que determinadas sustancias resistan las acciones atmosféricas anteriormente indicadas y puedan llegar a las zonas estratosféricas, produciendo allí una contaminación, con la consiguiente alteración del equilibrio que, a lo largo de miles de millones de años, se había llegado a establecer entre el sol y la tierra.

A este respecto recordaremos el hecho bien conocido de que la mayor parte del ozono (O_3) existente en la naturaleza está acumulado o concentrado en la estratosfera. La estratosfera tropical comienza a los 16 kilómetros de altitud y la estratosfera polar, a los 8 kilómetros; ambas zonas estratosféricas terminan a una altura aproximada de 50 kilómetros.

La presión atmosférica decrece con la altura siguiendo aproximadamente una función exponencial. Al finalizar la troposfera* (tropopausa) e iniciarse la estratosfera, la presión atmosférica es aproximadamente la décima parte de la normal y en la zona límite superior de la estratosfera (estratopausa) dicha presión toma valores próximos a una milésima de atmósfera. Por debajo de estas alturas, los gases son transportados predominantemente por movimientos de las masas de aire más que por difusión molecular, y el efecto gravitacional es despreciable.

En la troposfera, la mezcla de los gases es relativamente rápida ya que el aire de las zonas bajas (más calientes) tiende a elevarse y a ser desplazado por el aire más frío de las zonas más altas. Los gases se distribuyen a lo largo de las líneas de latitud en pocos meses y entre los hemisferios norte y sur en un período de dos años, aproximadamente (31). La circulación vertical de los gases en la estratosfera es mucho más lenta, ya que el aire más frío, y por tanto más denso, está en las zonas más bajas. Esta situación es semejante a las inversiones de temperatura que se producen en algunas zonas muy cercanas al nivel de la superficie terrestre y que dan origen a intensos humos y nieblas prácticamente permanentes, tal como ocurre, por ejemplo, en Londres, en Los Angeles y en otras depresiones naturales.

De acuerdo con lo indicado, la tropopausa y su región vecina situada unos pocos kilómetros por encima de aquella (comienzo de la estratosfera), puede ser considerada como una barrera donde la velocidad de transporte vertical de los gases es más de diez veces menor que en la troposfera. Por otra parte, si bien la lluvia puede devolver a la superficie de la tierra los gases o sustancias solubles en agua que se encuentren en la troposfera, no ocurre

* La troposfera comienza al nivel de la superficie de la tierra y termina al iniciarse la estratosfera (a los 16 kilómetros de altura en los trópicos y a los 8 kilómetros de altura cerca de las zonas polares). A la zona límite superior de la troposfera se le denomina tropopausa y en dicha zona la temperatura llega a ser incluso inferior a 60°C bajo cero. A partir de esas altitudes, es decir, al entrar en la estratosfera, la temperatura comienza a subir, llegando a tomar en sus zonas superiores (estratopausa), un valor máximo de alrededor de 7°C , para decrecer después al entrar en la zona mesosférica.

(31) B.A. Thrush, "The Chemistry of the Stratosphere and its Pollution". *Endeavour*, 1 (1), (1977).

esto con los gases o sustancias ya instalados en la estratosfera, porque en dicha zona apenas se forman nubes. Precisamente esta permanencia de determinados gases en las zonas estratosféricas, constituye la clave de la contaminación y alteración de la estratosfera que seguidamente vamos a comentar.

Como acabamos de indicar, prácticamente todo el ozono que existe en la naturaleza está situado en la estratosfera. Aunque se suele hablar de que en la estratosfera existe una "capa de ozono", la concentración de ozono es en realidad muy pequeña y no excede nunca a la proporción de unas pocas partes por millón. Se ha calculado que la cantidad total de ozono contenida en una columna vertical de aire corresponde solamente a unos 3 mm. de ozono puro, medidos en condiciones normales de presión y temperatura. Las mayores concentraciones de ozono (de 2 a 3 p.p.m.) se presentan en la zona comprendida entre 20 y 30 kilómetros de altitud.

Es precisamente este ozono, pese a sus pequeñas concentraciones, el que ejerce una importantísima acción en la regulación del clima de la tierra, ya que actúa como filtro protector de los rayos solares, al absorber la radiación ultravioleta correspondiente a las longitudes de onda comprendidas entre 290 y 320 nanómetros. Si se produce una disminución permanente en la concentración de ozono en la estratosfera por cualquier causa, la radiación indicada, al no ser filtrada adecuadamente, llegaría a la superficie de la tierra, produciendo la alteración climática correspondiente. Además de ello, las radiaciones citadas producirían quemaduras de la piel y las exposiciones prolongadas al sol llegarían a producir cáncer de piel, especialmente en las personas de piel delicada (32).

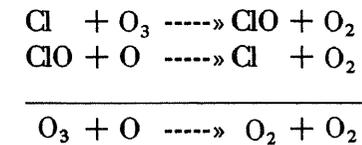
Durante los últimos años, gracias a las observaciones y análisis derivados del desarrollo de las técnicas aeroespaciales, se han podido determinar algunas de las causas que pueden provocar disminuciones sensibles de las concentraciones de ozono en la estratosfera. Entre dichas causas podemos resaltar

(32) "Environmental Impact of Stratospheric Flight". *National Academy of Sciences*. Washington, D.C., 1975.

las tres siguientes: el uso masivo de clorofluorometanos, los óxidos de nitrógeno expelidos directamente en la estratosfera por los aviones supersónicos y el creciente uso de fertilizantes nitrogenados.

En lo referente a los clorofluorometanos, es bien sabido que estas sustancias gaseosas relativamente inertes, han sido introducidas en el comercio en la fabricación de aerosoles, líquidos refrigerantes, esponjas de goma y de plástico, etc.

Entre los clorofluorometanos más utilizados destacan el CFCl_3 (F-11) y el CF_2Cl_2 (F-12). La producción anual del F-11 pasó de 2,5 millones de kilogramos en 1948 a 330 millones de kilogramos en 1973 y la de F-12, de 24 hasta 420 millones de kilogramos en el mismo tiempo (32). No existe evidencia de que estos compuestos sean destruidos sensiblemente por el agua, suelo o aire, y es sabido que los mismos se acumulan en la atmósfera en la misma proporción en que se van expeliendo como consecuencia de sus usos comerciales. Recientemente se ha demostrado que los clorofluorometanos son transportados hacia la estratosfera, hasta altitudes superiores a 25 kilómetros (33). Allí pueden ser descompuestos por la luz ultravioleta (longitudes de onda comprendidas entre 180 y 220 nanómetros) o por reacción con el oxígeno atómico excitado presente en aquellas zonas, para dar átomos de cloro, los cuales pueden destruir el ozono (O_3), convirtiéndolo en oxígeno molecular (O_2), según el proceso siguiente:



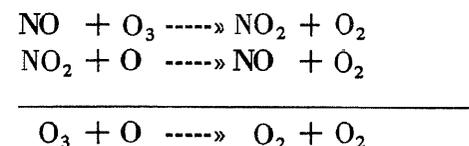
Se ha calculado que los tiempos medios de permanencia del F-11 y F-12 en las zonas estratosféricas son aproximadamente de 5 y 10 años, respectivamente. Si no existiese ningún otro proceso que eliminase estos clorofluo-

(33) M.J. Molina y F.S. Rowland, *Nature*, 249, 810 (1974); F.S. Rowland y M.J. Molina, *Rev. Geophys. and Space Phys.*, 13, 1, (1975).



rometanos, la permanencia total de los mismos en la atmósfera sería, respectivamente, de 50 y 100 años. Por esta razón, el incremento en el uso de estas sustancias por el hombre puede tener consecuencias realmente graves en el equilibrio energético sol-tierra. Si se continuasen utilizando los clorofluorometanos al ritmo de 1973, la concentración troposférica de los mismos se haría diez veces mayor (34), y se llegaría a una disminución del 7 por ciento en la concentración del ozono estratosférico. Afortunadamente, la demanda de estos productos viene sufriendo un pequeño descenso, desde el año 1973, lo cual aliviará sensiblemente los efectos perniciosos de los mismos.

Como ya se ha indicado, otra de las causas que pueden provocar un descenso en la concentración del ozono estratosférico es la producción y emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) directamente en la estratosfera. Este proceso lo realizan los aviones supersónicos a través de los gases de la combustión expulsados por sus motores, así como los aviones subsónicos que utilizan las rutas sobre los polos y que, por tanto, entran en las zonas estratosféricas polares. Estos óxidos de nitrógeno (fundamentalmente NO y NO₂) permanecen allí durante varios años y provocan la destrucción de las moléculas de ozono mediante procesos y equilibrios químicos bastante complejos (35), uno de los cuales puede resumirse así:



Varias instituciones inglesas y norteamericanas han estudiado detenidamente estos efectos. Se considera que una gran flota de *Concordes* podría contaminar de tal forma la estratosfera que la "capa de ozono" se reduciría a tales extremos, que llegarían a la superficie de la tierra radiaciones

(34) "Halocarbons: Their Effect on Stratospheric Ozone". *National Academy of Sciences*, Washington, D.C., 1976.

(35) P.J. Crutzen, "R. Meteorol. Soc. Quart. J. 96, 320 (1970).

ultravioleta capaces de provocar serios perjuicios al hombre (36). Se ha llegado a la conclusión de que, por ejemplo, 100 aviones *Concorde* volando 7 horas diarias producirían una disminución en la concentración del ozono estratosférico que oscilaría entre el 0,2 y el 1 por ciento. A este respecto es bien conocida la polémica entablada entre Estados Unidos y Francia e Inglaterra sobre el aterrizaje del *Concorde* en tierras norteamericanas. No sabemos si en esta polémica intervienen otros factores además de los aquí señalados.

La tercera causa que hemos indicado como responsable de la disminución de la concentración de ozono en la estratosfera es la creciente producción de fertilizantes nitrogenados. Efectivamente, el proyectado incremento en la utilización de fertilizantes, que obligaría a decuplicar la producción actual en las cercanías del año 2.000, puede generar grandes cantidades de N₂O, que sería transportado fácilmente a las zonas estratosféricas en las que reduciría significativamente la concentración de ozono. Se calcula que esta reducción oscilaría entre el 1 y el 20 por ciento. Hemos de hacer constar que el NO y NO₂ producidos en la superficie de la tierra no llegan a las zonas estratosféricas porque son disueltos y retenidos por las nubes, formando ácido nítrico (NO₃H), que es devuelto a la tierra en la lluvia.

Independientemente de las alteraciones provocadas en la concentración del ozono estratosférico por los gases contaminantes ya indicados, es evidente el hecho de que existe un ciclo natural del nitrógeno; las bacterias nitrificantes de los suelos de cultivo, así como los océanos (?), producen grandes cantidades de N₂O, que sube a la estratosfera y allí es transformado en NO, el cual origina de forma regular una importante disminución del contenido de ozono (37), que es restablecida normalmente; lo alarmante es que esta disminución es acentuada peligrosamente por los efectos de los gases contaminantes en la forma que hemos indicado.

(36) A.J. Grobecker, S.C. Coromti y R.H. Cannon, Jr., "Report of Findings: The Effects of Stratospheric Pollution by Aircraft". *National Technical Information Service*, Springfield, Va, U.S.A. 25-34, December, 1974.

(37) H.S. Jonston, *Ann. Rev. Phys. Chem.*, 26, 315 (1975).

Además de las modificaciones que pudiesen ser provocadas en el clima de la tierra como consecuencia de la disminución de la concentración de ozono en la estratosfera, hemos de tener en cuenta que son también otros muchos los factores y las sustancias que realmente intervienen en la filtración de la energía solar que incide sobre la superficie de la tierra. Las propias moléculas de los clorofluorocarbonos presentan intensas transiciones en la zona de la radiación infrarroja, que pueden hacer el efecto de un gigantesco invernadero, si bien este efecto es muy pequeño si se compara con el gigantesco atrapamiento de energía solar ejercido por las enormemente grandes cantidades de dióxido de carbono que son producidas en la superficie de la tierra en los procesos de combustión. Independientemente de ello, lo más preocupante por el momento se refiere al hecho de que un decrecimiento del uno por ciento en la concentración de ozono produce un incremento del dos por ciento en la radiación ultravioleta (de la zona comprendida entre 290 y 320 nanómetros) y que este aumento de la radiación podría producir un aumento alarmante en la aparición de cáncer de piel, que podría ser del orden de 10.000 casos más anuales, sólo en los Estados Unidos. Esto se ha calculado a base de estudios estadísticos en los que se ha relacionado la dependencia del cáncer de piel con la latitud (32) (37); afortunadamente, los tipos de cáncer de piel producidos por este incremento en la radiación ultravioleta no son de los graves. El cáncer de piel más grave (melanoma maligno) también se hace más frecuente al acercarse a los trópicos, pero no se ha podido establecer aún una relación clara del mismo con la mencionada radiación ultravioleta.

La singular espectacularidad de estos resultados derivados de la contaminación de la estratosfera ha sido la causa de que los mismos hayan sido anunciados y extendidos rápida y ampliamente a través de todos los medios de difusión, pero hemos de indicar que será necesario llevar a cabo muy complejas y costosas investigaciones para poder aclarar muchos aspectos de lo que aquí hemos esbozado. Los cálculos realizados hasta la fecha sobre la disminución de la concentración del ozono son solamente aproximados debido, por una parte, al escaso conocimiento que actualmente se posee sobre los procesos de circulación de los gases y sobre la química de la atmósfera; y, por otra parte, a la falta de precisión de los datos obtenidos en los laboratorios (34). Serán necesarios muchos más datos experimentales para

poder tomar decisiones bien fundadas sobre la necesidad de limitar la contaminación de la estratosfera y sobre cómo habrá de conseguirse esa limitación. Los efectos biológicos y climatológicos derivados de la disminución de la concentración de ozono no están aún lo suficientemente clarificados como para poder establecer hasta qué nivel podría disminuirse dicha concentración sin que se produjesen sensibles alteraciones en la climatología y en los sistemas biológicos terrestres; no obstante, y pese a la enorme complejidad del problema, los avances que se vienen logrando durante los últimos años en el conocimiento de los procesos químicos que tienen lugar en nuestra atmósfera son realmente espectaculares y esperanzadores.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Según todas las apariencias, el nuevo sistema mundial, considerado como unidad finita, en la que todo está inter-relacionado, nos está exigiendo con la mayor urgencia que se adopte un enfoque *integralista* para la futura evolución del mundo: como hemos visto, *todo parece depender de todo*. En consecuencia, el hombre moderno habrá de tratar de proponer y estudiar *sistemas*; hay que prever y contemplar la *totalidad* de los aspectos de esos sistemas, más que concentrar la atención en un fenómeno aislado, que es lo que generalmente se ha venido realizando tradicionalmente en la investigación científica y, sobre todo, en el desarrollo tecnológico, sin tener demasiado en cuenta sus repercusiones en el medio ambiente global.

Ya hemos comentado anteriormente la preocupación de muchos gobiernos e instituciones por estos problemas. A este respecto, los países nórdicos (Dinamarca, Islandia, Finlandia, Noruega y Suecia) están realizando grandes esfuerzos para la planificación del medio ambiente. Recientemente se ha celebrado en la Universidad de Lund (38) una conferencia sobre educación ambiental, convocada por el Consejo Nórdico de Ministros; en ella se puso de manifiesto que, en muchos de los citados países, la educación ambiental

(38) Actualidades de Suecia. Instituto Sueco, 75, septiembre 1976.

lleva ya casi una década formando parte del plan de estudios en algunas universidades. Se indicó la necesidad de generalizar estos estudios a nivel universitario y la conveniencia de que en las industrias se disponga de personal con una adecuada formación en lo referente a las materias y problemas ambientales. Una de las cuestiones en las que hubo total acuerdo en la citada conferencia fue la referente a que la educación ambiental debería preparar al público a reaccionar racionalmente ante futuras crisis y ante los rápidos cambios de la sociedad impuestos por la necesidad de modificar los estilos de vida, con el fin de no malgastar la energía y las materias primas en los países industrializados. Sin esta preparación será imposible llevar a efecto las programaciones que se puedan establecer para el futuro.

Se puso también de relieve en estas reuniones la necesidad de formar *generalistas*, es decir, algo bien diferente a los especialistas; estos *generalistas* deberían estar capacitados para abordar una diversidad de problemas ambientales originados por el desarrollo industrial (39). Entendemos nosotros que no se excluye la necesidad de la especialización, que hoy es muy necesaria, pero sin perder nunca de vista los aspectos globales de los problemas y de los sistemas en los que la humanidad ha de desenvolverse. Precisamente por utilizar una visión *parcial* en la pretendida solución de algún problema específico ambiental, en más de una ocasión se han originado nuevos problemas, incluso más graves que el que se trataba de resolver. A éste respecto recordaremos, por ejemplo, lo ocurrido hace unos años en la costa oriental de los Estados Unidos y en Europa Occidental como consecuencia del extraordinario y súbito desarrollo de la industria química en aquellas zonas, en las que verdaderos bosques de altas chimeneas comenzaron a producir alarmantes contaminaciones del aire; para combatir esta contaminación se instalaron aparatos de limpieza del aire, que extraían las partículas sólidas. Efectivamente, se redujo la contaminación por humos, pero quedaban libres los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO_2 y SO_3), los cuales, combinados con el agua de la atmósfera, producían

(39) L. Emmelin, "Programme of Environmental Studies in Environmental Education, at Post-Secondary Level. The Training of Generalists and Specialists". OECD, París, 1974.

grandes cantidades de ácidos nítrico y sulfúrico, que las nubes transportaban a ciudades y cultivos, en donde se precipitaban con la lluvia. En algún caso, la lluvia fue tan ácida como el zumo de limón puro, produciendo los consiguientes desastres.

Es de lamentar el hecho de que la educación tecnológica ignore las consecuencias económicas y sociales de la propia tecnología y que la enseñanza de las ciencias naturales tienda a descuidar, en general, los aspectos sociales de los problemas ambientales.

Pero el mejoramiento de la calidad de vida no debe limitarse a disminuir o evitar la contaminación, los ruidos, las excesivas aglomeraciones de población, etc., sino a mejorar *integralmente* la vida humana, especialmente en lo que se refiere a su componente *racional*. Por descuidar este importante aspecto, el aumento de la renta *per cápita* ha venido acompañado muchas veces de una disminución del bienestar social y de un decrecimiento de la fé en las instituciones (40), dando lugar, además, a la creación de un indescifrable mosaico de paradojas de las que nos venimos dando cuenta demasiado tarde. Tecnologías que hasta hace poco nos parecían libertadoras, ahora son esclavizantes en potencia. El automóvil, por ejemplo, que suministra autonomía de movimientos a millones de seres humanos, ha contribuido, al mismo tiempo, a la decadencia de los centros urbanos, contaminando el aire que respiran sus moradores, a quienes somete, además, a niveles de ruido ensordecedores.

Las paradojas son aún más desalentadoras en los países pobres del mundo, lanzados a un aceleramiento en una carrera interminable de *aparente desarrollo*. Es evidente que en esos países hay más personas cuyos ingresos son relativamente aceptables; pero también son más los que viven en la miseria. Hay más gente que sabe leer y escribir, pero también hay más analfabetos. Hay más seres que gozan de una buena alimentación, pero hay más desnutridos. La cuestión está en que muchos de tales países se

(40) Esteban Masifern, "La calidad de vida, fin del desarrollo económico". Edit. Magisterio Español y Prensa Española. Madrid, 1977.

encuentran en un remolino que los obliga a correr cada vez con más velocidad sólo para conservar su sitio en el concierto de las naciones (41).

Por todo ello, en estos momentos cruciales debemos estar todos interesados en una tarea común, en la que el mayor esfuerzo de los investigadores debería enfocarse hacia el mejoramiento de la calidad ambiental y de la calidad *racionalizada* de la vida. El gran poder derivado del conocimiento científico deberíamos aprovecharlo integralmente hasta conseguir que los pueblos más desarrollados tecnológicamente —los más poderosos— sean también, realmente, los más civilizados. En caso contrario, muy pronto llegaríamos a un período en el que los crecientes niveles generales de producción y consumo de las sociedades privilegiadas, lejos de mejorar el nivel de vida de las naciones más pobres, sólo podrían apenas sostenerse a costa de estas últimas, ya que se llegaría fácilmente al límite de los recursos generales disponibles.

No bastará con establecer modelos como los que anteriormente hemos comentado para tratar de conformar la sociedad del futuro, sino que hay que educar al hombre para que estos modelos puedan no solamente ser aceptados por la sociedad actual, sino que sea la propia sociedad la que contribuya activamente a la conquista de ese futuro deseable. No se trata ya de cuestiones nacionales de seguridad, de disponibilidad de armamentos, de ideologías, de competencia de prestigios nacionales, etc.; los intereses fundamentales de todas las naciones están ahora inevitablemente entrelazados en una apretada maraña de interdependencia, y, ante ello, es absolutamente necesario un enfoque común para poder llegar al establecimiento de unas relaciones recíprocas que permitan acuerdos razonables entre la explotación y la distribución de los recursos, y entre las necesidades mínimas para sostener niveles de vida decentes, sin dañar al medio ambiente del cual depende esa vida.

Hay que dar prioridad a los estudios necesarios para lograr el adecuado

(41) Maurice F. Strong, "Es imperativo un enfoque mundial del ambiente". *Horizontes U.S.A.* 6, (1974).

grado de control sobre las actividades humanas que puedan perjudicar o alterar nuestro sistema natural viable; hay que establecer y adaptar también las prioridades científicas y técnicas a los imperativos de la vida contemporánea, así como reformar las estructuras de nuestras instituciones y, sobre todo, de nuestros usos y costumbres.

Si no se procede de inmediato a tomar medidas firmes y radicales, nos exponemos a sufrir desastres difíciles de imaginar, cuyos resultados decidirían, en última instancia, qué individuos y qué naciones habrán de sobrevivir y cuales no. Si nos limitamos a reaccionar sólo ante presiones inmediatas, si no trazamos planes concretos para el futuro, si nos hacemos la competencia en lugar de cooperar, retrocederemos ciega e inevitablemente hacia el nacionalismo, el proteccionismo y el provincialismo (41). La estructura mundial, que tanto esfuerzo ha costado edificar, empezaría entonces a desintegrarse, degenerando en zonas aun más diferenciadas de riqueza y privilegio, que lucharían para impedir que se apodere de ellas la creciente marea de pobreza y desesperanza.

Una adecuada mentalización de las sociedades humanas, en el sentido de que el concepto de la abundancia sin límites ha de ser sustituido por el concepto de la escasez y el ahorro, podrá ayudar muy positivamente a la resolución de dichos problemas. Por otra parte, deberán establecerse relaciones más eficaces entre los científicos y los técnicos, así como entre todos ellos y quienes toman las decisiones políticas. Habrá de concederse especial importancia a los efectos que puedan producirse en el ambiente, en la población y en las fuentes que suministran los recursos.

Una fuente vital de recursos para el futuro de la humanidad la constituyen los fondos marinos, con sus alimentos, minerales y posibilidades energéticas. Esta potencial cosecha de los océanos no debería convertirse en motivo de una fiera competencia entre las naciones ricas de la tierra, que son las que actualmente poseen la tecnología necesaria para su explotación; por el contrario, todas las naciones deberían cooperar en la preservación de la ecología marina, cuyo papel es tan primordial en la permanencia de la vida en nuestro planeta.

Habrá de ampliarse, en fin, el flujo de recursos entre los países ricos y pobres, proporcionando los servicios sociales básicos a las regiones más pobres de la tierra; los países privilegiados deberían compartir de forma más equitativa y justa sus abundantes recursos con aquellos cuyas necesidades actuales son abrumadoras y apremiantes. Habría que aprender a ser realmente verdaderos ciudadanos del mundo.

.....

Al ser hoy el poder de la ciencia y la tecnología tan gigantesco, es esencial que la sociedad humana sepa y entienda claramente qué es lo que sabemos y lo que no sabemos; qué es lo que podemos hacer y lo que no podemos hacer. La sociedad debe tener una idea de los costos, de los beneficios y de los riesgos de cada gran proyecto de investigación que haya de realizarse. Pero, además, en todas estas actividades científicas se deben tener muy en cuenta los valores y las opciones humanas, que constituyen lo que Alvin Weinberg ha llamado la *trans-ciencia*.

Por otra parte, ahora sabemos que sólo estamos en el comienzo del conocimiento del poder de la naturaleza. Así, por ejemplo, las crisis de recursos y especialmente la crisis energética han hecho pensar al hombre en el enorme potencial que encierra la energía solar*, así como en otros muchos fenómenos físicos que aún se conocen muy vagamente y que pertenecen al ámbito de la *para-ciencia*, pero que un día pueden revolucionar aún más nuestro pensamiento y nuestras actividades.

Algunos descubrimientos recientes de la ciencia vienen poniendo al alcance del hombre moderno enormes e insospechadas posibilidades de control o excitación de sistemas de toda índole en el campo de la física, la química o la biología. Si, por ejemplo, llegamos a controlar los procesos de fusión nuclear (problema que no tardará en resolverse) se habrán cubierto las

* El sol emite continuamente una energía equivalente a $4 \cdot 10^{26}$ vatios; de esta energía, la superficie de la tierra recibe aproximadamente 10^{17} vatios. En las regiones más soleadas de la tierra, la energía recibida del sol equivale a un kilowatio por metro cuadrado de superficie.

necesidades energéticas fundamentales de la humanidad para muchos miles de años.

Si, por otra parte, se llega a averiguar lo suficiente sobre el comportamiento químico del DNA y sobre la transmisión de la información genética, tal vez se podría detectar y eliminar el mongolismo que, como se sabe, es una enfermedad producida por un cromosoma adicional, que se forma en las primeras etapas de la vida embrionaria. Actualmente, dado el reciente desarrollo de la ingeniería genética, se han propuesto diversos proyectos de control hereditario verdaderamente impresionantes y espectaculares. A este respecto, Fred Hoyle, ilustre astrónomo de la Universidad de Cambridge, ha llegado a decir (42): "Dentro de veinte años, los físicos, que sólo fabrican inofensivas bombas de hidrógeno, trabajarán en libertad. En cambio, los biólogos moleculares trabajarán detrás de alambradas eléctricas". Por otra parte, Rodríguez Delgado ha indicado que "tenemos la responsabilidad de planificar el cerebro del hombre del mañana" (43). Pero nosotros, aun suponiendo que quedasen salvados los riesgos técnicos habremos de preguntarnos:  Qu n elabora esta planificación y en función de qué criterios se elige el camino a seguir?  No afectará esta planificación a la libertad del individuo? El mismo autor dice que "lo que hay que hacer es dirigir de forma  tica tanto la investigación como la aplicación médica y el uso de los conocimientos adquiridos" y continúa: "El odio y la destrucción no son propiedades funcionales, sino elementos introducidos en la actividad neuronal a través de estímulos sensoriales. No tienen origen en la persona, sino en el medio ambiente" (44). No es fácil tranquilizarse ante estas perspectivas, porque el problema se trasladaría a la  tica de los planificadores y al control de los controladores. A este respecto, queremos recordar aquí lo que tan acertadamente diría Morison en 1969 (45): "Dentro de poco tiempo

(42) O. Caballero "Los mutantes están entre nosotros". A.T.E. Barcelona, 1976.

(43) José M. Rodríguez Delgado, "Planificación cerebral del hombre futuro". Publ. Fundación "Juan March". Madrid, 1973.

(44) José M. Rodríguez Delgado, "Control electrónico del cerebro". Bol. Informativo. Fundación "Juan March", Enero, 1977.

(45) R.S. Morison, "Science and Social Attitudes", *Science*, 165, 150 (1969).

seremos capaces de diseñar la estructura de un buen hombre. Existe alguna incertidumbre sobre la fecha exacta en que esto ocurrirá, pero ciertamente será antes de que hayamos sido capaces de definir qué es un buen hombre”.

He aquí otro nuevo reto para la humanidad —tal vez el más trascendental de toda la historia— con el que las nuevas generaciones, y nosotros mismos, habremos de enfrentarnos.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA DE GRANADA



900241668
BIBL. GENERAL UNIVERSITARIA