



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



RODOLFO R. LEYVA HASHIMOTO
JORGE F. PANIAGUA BALLINAS
J. JOAQUIN RAMIREZ VEGA
JOSE DE JESUS VEGA JIMENEZ

APUNTES DE LA INGENIERIA Y EL MEDIO AMBIENTE

NT.ING. FACULTAD DE
O AMBI

23-A

908255



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
BIBL. "Mtro. ENRIQUE RIVERO BORRELL"
ESTE LIBRO FUE DADO DE BAJA

* 27 JUL 2015 *

SUSTITUIDO _____
NOMBRE _____
FIRMA _____

RODOLEO R. LEYVA HASHIMOTO
JOSÉ IGNACIO PANIAGUA BALLINAS
J. JOAQUIN RAMIREZ VEGA
JOSE DE JESUS VEGA JIMENEZ

APUNTES DE LA INGENIERIA Y EL MEDIO AMBIENTE

DIVISION DE CIENCIAS BASICAS
DEPARTAMENTO DE METODOLOGIA



FACULTAD INGENIERIA

25

APUNTES DE LA INGENIERIA Y EL MEDIO AMBIENTE

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio, sin autorización escrita del editor.

DERECHOS RESERVADOS © 1985, respecto a la segunda edición en español por la FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO Ciudad Universitaria, México 20, D.F.

Este trabajo fue realizado por los Ingenieros:

RODOLFO R. LEYVA HASHIMOTO.
JORGE F. PANIAGUA BALLINAS.
J. JOAQUIN RAMIREZ VEGA.
JOSE DE JESUS VEGA JIMENEZ.

Profesores de la asignatura Introducción a la Ingeniería.

Adaptación Pedagógica a cargo de las licenciadas:

IRMA HINOJOSA FELIX.
MARIA CUATRAN RUIDIAZ.

PROLOGO

El presente trabajo corresponde a un tema de la asignatura Introducción a la Ingeniería denominado "Ingeniería y el Medio Ambiente", cuyo propósito es propiciar una actitud responsable, tanto individual como profesional, ante los problemas que surgen entre la tecnología y el medio ambiente.

En la actualidad es evidente que existe una diversidad de información y opiniones sobre los problemas antes mencionados, razón por la cual un grupo de profesores de la asignatura emprendió la elaboración de una obra cuyo contenido temático contemplara los aspectos más relevantes de esta información, congruentes con los objetivos de la asignatura.

La labor de la investigación y adecuación resultó compleja, debido a la magnitud y profundidad de la información.

La obra presenta ciertas características en cuanto a su estructura que hacen necesario que el lector relacione e infiera elementos no suficientemente tratados en el contenido, por lo cual se seleccionó una bibliografía con el fin de que el lector amplie y profundice sobre los conceptos o tópicos de su interés.

Cabe mencionar, de manera especial, las opiniones expresadas por el grupo de profesores que imparten la cátedra de Introducción a la Ingeniería, las cuales se obtuvieron a través de seminarios, reuniones de trabajo y de manera personal.

Se agradece al Ing. Enrique Barranco Vite su participación en la corrección de estilo; al Profr. Alfonso Gutiérrez Ariza y al Sr. Alfredo Arenas por el apoyo gráfico.

La actualización estadística de la segunda edición, estuvo a cargo del Ing. Rodolfo Leyva Hasimoto con el apoyo de la COORDINACION DE INTRODUCCION A LA INGENIERIA.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE CIENCIAS BASICAS
DEPTO. DE METODOLOGIA Y LENGUAJES

P R E F A C I O

La preocupación por las alteraciones que el desarrollo industrial produce en el medio ambiente tiene antecedentes que se remontan a los inicios de la era industrial. Por ejemplo, Juan Jacobo Rousseau escribía lo siguiente en 1778: "Allí, minas, precipicios, forjas, yunques, martillos, humo y fuego, substituyen a las dulces imágenes de los trabajos campesinos. Los rostros macilentos de los desdichados que languidecen en los vapores infectos de las minas, negros herreros, horribles cíclopes, son el espectáculo con que las instalaciones de las minas substituyen, en el seno de la tierra, el verdor y las flores, el cielo azul de la superficie"

Sin embargo es a partir de fines de los años de la década de 1960, cuando los problemas ambientales derivados de la acción del hombre sobre el ecosistema empiezan a recibir una atención muy especial. La causa principal reside en la toma de conciencia del severo impacto que la contaminación de origen industrial ejerce actualmente sobre la calidad de la vida humana.

En junio de 1972 se celebró en Estocolmo, Suecia, la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el medio humano, donde por primera vez se discutió el problema ambiental con una perspectiva global, abarcando no sólo los problemas de contaminación del medio ambiente, sino también la disponibilidad y utilización de los recursos naturales, los problemas de la energía, el crecimiento y la distribución de la población humana y la relación entre desarrollo económico y social y los ecosistemas.

La preocupación por el deterioro del medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales ha puesto en entredicho el concepto de desarrollo; son bien conocidas las conclusiones del Club de Roma, propugnando un crecimiento cero. Este tipo de soluciones, que puede resultar adecuado para los países desarrollados, con un alto nivel de vida y con un crecimiento muy reducido de la población, es totalmente inadecuado para los países en vías de desarrollo, que parten de un nivel de vida insuficiente y que tendrán todavía en un futuro próximo un crecimiento importante de la población.

El desarrollo y progreso de las sociedades humanas y la preservación del medio ambiente no son incompatibles. Si el uso inadecuado y egoísta de los descubrimientos científicos y de las innovaciones tecnológicas ha causado y puede causar en ocasiones graves daños a los ecosistemas, la ciencia y la tecnología modernas proporcionan también soluciones para remediar y evitar estos problemas. Se requiere para ello conocer las interacciones entre las leyes naturales y aquellas que rigen el desarrollo social y eco-

Considérese, por ejemplo, el caso de las materias primas. Nuestro planeta es un sistema prácticamente cerrado para la materia; la cantidad de materiales, es, por lo tanto, constante. El hombre no consume el hierro, el cobre, el aluminio; los utiliza y después los dispersa en forma de desechos, haciendo muy difícil y costosa su reutilización. La solución es por lo tanto, en principio, muy sencilla: para aprovechar ese inventario constante de metales y otros materiales, hay que concebir su utilización teniendo en cuenta su recuperación después de usados. Al no hacer lo, el hombre se enfrenta por una parte a la escasez de materias primas y por otra parte se ve inundado de desechos y desperdicios.

Considérese ahora el problema de la energía. Desde el punto de vista energético nuestro planeta es un sistema abierto: recibe diariamente del sol una cantidad de energía enorme. Si aprendiéramos a utilizar económicamente una fracción de esa energía renovable, en sus diversas formas, podrían satisfacerse todas las necesidades presentes y futuras de la humanidad. En lugar de eso nos dedicamos a quemar recursos energéticos no renovables, cuya formación requirió millones de años. Ya Mendeleiev escribía hace 100 años que es tan disparatado quemar carbón como quemar billetes de banco y lo mismo podemos decir hoy del petróleo.

Todos estos problemas y los de la contaminación ambiental no son nuevos, pero el progreso científico y tecnológico ha aumentado de tal manera la capacidad de intervención del hombre en el medio natural, que ya no es posible considerar la naturaleza como una reserva inagotable y autorregenerable. Como consecuencia de esto, en algunos medios está de moda culpar a la ciencia y a la tecnología del deterioro del medio ambiente y a los ingenieros como ejecutores inconscientes de ese deterioro.

Debería ser evidente que no es el progreso de la ciencia y la tecnología, sino el uso irresponsable de las mismas, lo que puede causar daños irreversibles al medio ambiente. Pero también resulta evidente la necesidad de que todos los ingenieros conozcan el efecto que las obras que proyectan y construyen pueden producir en los ecosistemas y de que aprendan a utilizar la ciencia y la tecnología para preservar esos ecosistemas, haciendo compatible el desarrollo industrial con la conservación y el mejoramiento del medio ambiente.

Este trabajo sobre ingeniería y medio ambiente, que cubre uno de los temas de la asignatura Introducción a la Ingeniería, viene a llenar esa necesidad de información y de formación de los alumnos de nuestra Facultad de Ingeniería en este campo de conocimientos, que ha cobrado actualmente una importancia fundamental.

Cd. Universitaria, agosto de 1981.

Ing. Jacinto Viqueira Landa.

CONTENIDO

	PAGS.
SISTEMAS	
ANTECEDENTES.....	2
CONCEPTO DE SISTEMA.....	6
DEFINICION DE SISTEMA.....	8
CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS.....	9
ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS.....	11
PARAMETROS Y VARIABLES DE ESTADO.....	12
RETROALIMENTACION.....	18
RETROALIMENTACION COMO AUTO-REGULACION.....	20
RETROALIMENTACION PARA EL CONTROL DE SEÑALES NO DESEADAS.....	22
COMPENSACION AUTOMATICA.....	25
ECOLOGIA	
ANTECEDENTES.....	28
AMBITO ECOLOGICO.....	29
ECOSISTEMAS.....	30
LA BIOSFERA.....	31
VIDA Y ENERGIA.....	32
CADENAS ALIMENTARIAS Y NIVELES TROFICOS.....	34
EL CICLO DE LA MATERIA.....	35
FLUJO DE ENERGIA.....	37
BIOMASA Y PRODUCCION.....	38
EFICIENCIA.....	39
FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS.....	40
HACIA UNA TEORIA ECOLOGICA.....	41
RECURSOS NATURALES	
RECURSOS INAGOTABLES.....	45
CLIMA.....	45
AGUA.....	50
RECURSOS RENOVABLES.....	62
SUELOS.....	62
FLORA Y FAUNA TERRESTRES.....	70
FLORA Y FAUNA ACUATICAS.....	79

RECURSOS NO RENOVABLES.....	88
MINERALES METALICOS Y SIDERURGICOS.....	89
Hierro.....	89
Carbón Mineral.....	90
Mineral de Manganeseo.....	91
METALES Y MINERALES NO FERROSOS PARA LA INDUSTRIA DE LA TRANS- FORMACION.....	91
Cobre.....	91
Plomo.....	93
Zinc.....	93
Estaño.....	93
Aluminio.....	94
METALES PRECIOSOS.....	94
Oro.....	94
Plata.....	94
MINERALES NO METALICOS.....	95
Azufre.....	95
Bentonita.....	95
Sal.....	95
IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA MINERA EN LA ACTIVIDAD ECONOMICA DEL PAIS.....	97
MINERALES ENERGETICOS.....	100
ENERGETICOS	
CONCEPTO DE ENERGIA.....	106
CRISIS ENERGETICA.....	109
TRANSFORMACION DE LA ENERGIA.....	115
FUENTES PRIMARIAS DE ENERGIA.....	119
RECURSOS ENERGETICOS NO RENOVABLES.....	119
HIDROCARBUROS.....	123
Petróleo.....	125
Refinación.....	127
Gas Natural.....	128
Petróleo Pesado y Arenas Asfálticas.....	134
Lutita Bituminosa.....	136
Hidrocarburos en México.....	138
CARBÓN.....	141
COMBUSTIBLES SINTETICOS.....	147
GASIFICACION Y LICUEFACCION DEL CARBÓN.....	147

RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES.....	148
ENERGIA SOLAR.....	148
ENERGIA EOLICA.....	150
ENERGIA MAREOMOTRIZ.....	153
BIOMASA.....	157
ENERGIA ELECTRICA.....	161
HIDROELECTRICA.....	162
GEOTERMoeLECTRICA.....	163
NUCLEOELECTRICA.....	164
Fusión.....	164
Fisión.....	164
CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE	
INTRODUCCION.....	170
LOS LIMITES DEL MEDIO AMBIENTE.....	170
CAUSAS Y EFECTOS DEL DETERIORO DEL MEDIO AMBIENTE.....	171
LA CONTAMINACION.....	173
LA CONTAMINACION Y EL CLIMA MUNDIAL.....	174
LA CONTAMINACION Y EL HOMBRE.....	174
LOS CONTAMINANTES.....	175
CONTAMINANTES DEL AIRE Y DE LA ATMOSFERA.....	177
OXIDOS DE AZUFRE.....	177
SUSTANCIAS PARTICULADAS O PARTICULAS.....	178
MONOXIDO DE CARBONO.....	179
HIDROCARBONOS.....	179
OXIDO DE NITROGENO.....	180
OXIDANTES FOTOQUIMICOS.....	180
OZONO EN LA ATMOSFERA.....	180
CONTAMINANTES DEL AGUA.....	182
AGENTES BIOLOGICOS.....	182
SEDIMENTOS.....	183
SUSTANCIAS QUIMICAS INORGANICAS Y MINERALES.....	184
SUSTANCIAS ORGANICAS SINTETICAS.....	184
SUSTANCIAS RADIOACTIVAS.....	184
CALOR.....	184
PETROLEO.....	184
CONTAMINANTES TERRESTRES.....	185
PLAGUICIDAS.....	185

LOS ORGANOCOLORADOS.....	186
ORGANOSFOSFATADOS.....	187
CARBAMATES.....	187
RADIOACTIVIDAD.....	187
PRUEBAS NUCLEARES.....	188
MANIPULACION DE SUSTANCIAS RADIOACTIVAS.....	188
RUIDO.....	190
DESPERDICIOS SOLIDOS.....	191
EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION EN EL DISTRITO FEDERAL.....	193
CONTAMINACION ATMOSFERICA.....	193
CONTAMINACION DEL AGUA.....	195
DESECHOS SOLIDOS.....	196
RUIDO.....	196

INTRODUCCION

La situación actual del medio ambiente, si bien es crítica en algunas regiones del planeta, no lo es de manera global; y aunque la tecnología haya colaborado en buena medida a su deterioro, ahora se le presenta un reto: controlar esa alteración y minimizar los efectos negativos que pueda causar.

La relación que guarda la Ingeniería y el Medio Ambiente resulta tan obvia, que en ocasiones no se considera. En otros casos, sin embargo, se plantea de manera tan deformada que resulta impactante para aquellas personas desinformadas y carentes de bases para evaluar dicha situaciones.

Dentro del programa de la asignatura "Introducción a la Ingeniería" se presenta el tema "La Ingeniería y el Medio Ambiente", en el cual se pretende analizar los efectos de la tecnología sobre el medio ambiente. La presente obra se elaboró con el propósito fundamental de presentar aquellos conceptos, tópicos, criterios, enfoques y datos más importantes que permitan al lector comprender la íntima relación que los procesos de transformación de los recursos tienen con el medio de donde éstos se obtienen. Más aún, si este vínculo y sus repercusiones se analizan con un enfoque sistémico, se hace evidente la responsabilidad ética y social que tiene el profesional de la ingeniería en el desempeño de su profesión y como individuo.

El contenido de la obra se divide en dos grandes aspectos. En el primero de ellos se establecen las bases conceptuales sobre sistemas y ecología y en el segundo, utilizando estos conceptos y enfoques, se presentan diversos planteamientos en cuanto a la situación presente de los principales recursos naturales de los que hará uso la ingeniería, así como los efectos que ocasionan el aprovechamiento de los mismos.

Este segundo aspecto, donde se abordan los temas de recursos naturales, energéticos y contaminantes se enriquece con datos estadísticos, criterios de explotación, estado actual de la tecnología y retos: tecnológicos, económicos y sociales que los actuales ingenieros en formación tendrán que enfrentar en un futuro cercano.

Estos retos no son privativos de los ingenieros; tendrán que afrontarlos de manera interdisciplinaria junto con otros profesionales como antropólogos, economistas, médicos, etc.; que con una formación sólida, con una función social definida y con un espíritu de superación deberán, en esencia, afrontar el reto que representa el desarrollo económico y social del país.

CAPITULO I

SISTEMAS

"La unidad es la unidad, pero al mismo tiempo es la unidad relacionada con ella misma y la unidad relacionada con su entorno, que es parte constitutiva de ella misma".

LUIS ALBERTO MACHADO

SISTEMAS

ANTECEDENTES

La historia de la humanidad en los últimos diez mil años muestra tres transiciones que han sido de fundamental importancia con respecto al desarrollo económico, social y científico. A estas transiciones se les conoce como las revoluciones agrícola, y primera y segunda industriales. A la primera revolución industrial también se le denomina edad de la mecanización, en tanto que a la segunda se le llama edad de la automatización, de los sistemas o revolución cibernética.

La revolución agrícola se originó en el Medio Oriente a partir de 7 000 A.C., en el Lejano Oriente por el año de 5 000 A.C., y en Europa alrededor de 4 500 A.C.; llegó a América 900 años después y concluyó su viaje alrededor del mundo aproximadamente en el año de 1780 D.C., con excepción de pequeños lugares, geográficamente aislados, donde aún persisten grupos de hombres primitivos como en Australia y la Tierra del Fuego.

Inglaterra fue la cuna de la primera revolución industrial a mediados del siglo XVIII. Hacia 1850 este movimiento penetró en Francia y Bélgica, y hacia fines del siglo, Alemania, Suecia, Rusia, Japón y los Estados Unidos se estaban sumando a sus filas. Es fácil comprender que esta revolución aún continúa en nuestros días, en diferentes niveles de avance, en la mayoría de los países del mundo, aunque superpuesta a otra transición: la segunda revolución industrial o edad de los sistemas.

Desde luego ha habido otras revoluciones o cambios importantes en la historia del hombre; por ejemplo la revolución urbana hacia 5 000 A.C., la comercial en la Europa del siglo XI y la industrial en la Inglaterra del siglo XIII. Sin embargo, estas revoluciones no alteraron el carácter económico fundamental de las sociedades, que siguieron siendo esencialmente agrarias.

En cambio, la revolución agrícola e industrial implicaron importantes cambios en la vida económica y social de los grupos humanos en donde ocurrieron. Es claro que la revolución agrícola transformó una sociedad de cazadores y recolectores en una de agricultores y pastores, en tanto que la primera revolución industrial cambió la sociedad agraria en una industrial, formada por operadores de máquinas; los cambios que generaron estas transiciones fueron profundos y alteraron completamente la estructura y el carácter de las comunidades.

Además de alterar la vida económica y social de los pueblos, estas transiciones han transformado el pensamiento, la estructura ideológica o el modo de pensar de los individuos. La sedentarización de la agricultura permitió el desarrollo cultural: el lenguaje, la religión, la alfarería, las herramientas domésticas y otras manifestaciones culturales que no fueron posibles en las tribus nómadas.

La primera revolución industrial, desde el punto de vista ideológico, comienza en la época renacentista con el desarrollo de máquinas que inicialmente buscan aprovechar fuentes de energía diferentes a la humana o animal, lo que ocasiona una forma de pensar mecanicista que desborda en la creación de los telares, en la mitad del siglo XVIII. Se busca en esta época también (1600 - 1850) llegar a los elementos unitarios que forman la naturaleza. Así, los químicos aislan una serie de elementos que son los que forman toda sustancia conocida; los físicos llegan al átomo como unidad de la materia; en Biología se establece que la célula es la mínima unidad con vida y lo mismo se pretende hacer en cuanto a las unidades del pensamiento ya que Leibnitz postula la existencia de elementos psíquicos que llama mónadas, John Locke argumenta la existencia de elementos sencillos de experiencia y conocimiento que llama *ideas simples* y finalmente Freud reduce la personalidad a la interacción entre tres elementos que llama el *ego*, el *alter ego* y el *super ego*.

Desde el punto de vista de la forma de pensar, se puede decir que el pensamiento originado por la revolución industrial era mecanicista y analítico. Esto llevó al desarrollo de especialistas, dividió la ciencia en disciplinas diferentes preocupadas por delimitar su campo de estudio y también trató de resolver los problemas mediante un análisis reduccionista; esto significa que los problemas que afectaban a un núcleo grande de población o una organización compleja, eran divididos y estudiados desde diferentes puntos de vista.

Se estaba convencido de que al dividir un problema en partes y encargar la solución de éstas a diferentes especialistas, para posteriormente integrar las soluciones parciales, daría como resultado la solución completa del problema.

Desgraciadamente, no sólo no sucedía esto, sino que la solución se retrasaba y el problema crecía, las soluciones diversas solían ser incompatibles y además opuestas, lo que en ocasiones hacía imposible la solución de un problema. Puede deducirse que existía una actitud personal de franca competencia, o aún de lucha, entre especialistas de diferentes disciplinas, lo que en ocasiones dificultaba aún más el obtener una solución.

Esta mentalidad empezó a cambiar a principios del presente siglo, iniciándose con ello la segunda revolución industrial y en lo que influyeron tanto los avances tecnológicos como el explosivo desarrollo de la población, las industrias y ciudades; volviéndose a su vez más complejas las relaciones y fenómenos que enfrentaba el hombre. Hay quienes señalan el inicio del cambio con el invento de Marconi (Telégrafo inalámbrico) y otros con la aparición de las ideas de Bertalanffy. Lo que sí es innegable, es que la forma de pensamiento en esta transición sufre su más fuerte impulso al acontecer la segunda conflagración mundial, ya que los países desarrollados, principalmente Francia, Inglaterra y los Estados Uni-

dos, se enfrentaban a un fenómeno social, político y económico de grandes proporciones, el cual planteaba a su vez problemas técnicos y sociales de gran envergadura.

Pueden referirse varias experiencias que dan constancia de estos cambios.

Uno de ellos se llevó a cabo en Inglaterra, donde se formó un grupo interdisciplinario - tres fisiólogos, dos físico-matemáticos, un astrofísico, un oficial del ejército, un geodesta, un físico general y dos matemáticos - para ayudar a resolver un problema de coordinación entre el equipo de radar, de reciente creación, y las operaciones de artillería anti-aérea.

El problema fue tratado, desde los diversos puntos de vista de los especialistas reunidos, como un todo, sin limitarse a la definición del mismo sino buscando todas sus posibles implicaciones.

Este grupo logró entenderse y no sólo resolvió este problema, sino otros más, dando origen primero a un departamento dentro del Ejército Inglés y después a una disciplina conocida con el nombre de Investigación Operativa (Operational Research) en Inglaterra, e Investigación de Operaciones (Operations Research) en Estados Unidos, nombre herencia de su origen militar, siendo éste con el que se le conoce en México.

Otros cambios importantes se deben a los pensadores, el primero de los cuales aparece con la filósofa norteamericana Susanne Langer, quien en 1942 declaró que durante las dos décadas anteriores la filósofa había quitado su atención de los elementos particulares, eventos y sus propiedades, para fijarla en una clase distinta de elemento: *el símbolo*. Un símbolo es un elemento que produce una respuesta a algo distinto de sí mismo. Sus propiedades físicas no son de importancia esencial. A continuación, en 1946, Charles W. Morris, también filósofo norteamericano, estableció un marco para el estudio científico de los símbolos, basado en los trabajos de Langer y las unidades de que eran parte de dichos símbolos: *los lenguajes*. Los trabajos de Langer y Morris se vieron acompañados por la creciente importancia que se da a la *semiótica*, la ciencia de los signos y de los símbolos; y a la *lingüística*, la ciencia del lenguaje. Resultó natural para muchos sostener que lo que conocemos o sabemos de la realidad, se refleja en los signos con que representamos su contenido; y en el lenguaje del cual forman parte estos símbolos. Pero algunos fueron más allá y aseveraron que lo que sabemos de la realidad está condicionado por el lenguaje que utilizamos; en consecuencia, se debe encontrar la naturaleza de la realidad a través del análisis del lenguaje.

Todo lo anterior forma el marco intelectual que habría de desarrollarse, ya en forma concreta, los conceptos que impulsarían el cambio de mentalidad en forma más acelerada.

Claude Shannon, matemático que trabajaba con los laboratorios Bell, fija su atención en un proceso más comprensivo del cual forma parte el lenguaje: *la comunicación* y en 1949 publica su Teoría Matemática de la Comunicación, que es la base teórica de la ciencia de la comunicación. Al mismo tiempo, otro matemático, Norbert Wiener, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, colocó a las comunicaciones en un contexto conceptual

todavía mayor, el control, y al hacerlo fundó la *Cibernética*, que es la ciencia del control por medio de la comunicación.

Recapitulando, puede observarse que el pensamiento en esta década (1940-1950) fue del símbolo al lenguaje, de ahí a la comunicación para pasar finalmente al control o mejor dicho a la cibernética. Es decir, pasó de un elemento particular (el símbolo), hacia concepciones más estructuradas; fue expansionista, no reduccionista o analista.

A principio de la siguiente década, al proseguir este proceso, los científicos se dan cuenta que a lo que han llegado es a establecer características de funcionamiento de los sistemas y de que los sistemas tienen ya 20 años de edad.

La atención se vuelve hacia el concepto de Sistemas, por la obra del biólogo Ludwig Von Bertalanffy, quien predijo que los sistemas se convertirían en el punto de apoyo del pensamiento científico moderno. Percibió este concepto como una cuña que podría abrir la perfección reduccionista y mecanicista del mundo, es decir, la manera de pensar de la primera revolución industrial, de manera que se pudieran manejar más efectivamente los problemas de la naturaleza viviente: los fenómenos biológicos, del comportamiento y los sociales; para lo cual creía que no bastaba la aplicación de la ciencia física, y que incluso en algunos casos no era ni siquiera posible. Desde entonces el concepto de Sistema ha tomado, cada vez más, un papel organizador tanto del mundo lego como del mundo científico. Puede, por tanto, decirse que no es nuevo el concepto aunque sí lo es su papel organizador. La suposición de este papel organizador del concepto de sistema es el factor primordial en el cambio de nuestra forma de ver las cosas y de enfocar los problemas.

Dentro de la ingeniería, se venían manejando desde mucho tiempo antes de la aparición de las concepciones referidas, aparatos más o menos complejos, desarrollados para el control de máquinas o procesos, que evitaran la presencia forzosa de un vigilante. Uno de los primeros ejemplos de la presencia de estos elementos en la ingeniería es el controlador de Watt, aunque se conocen algunos otros de mayor antigüedad.

Presión, flujo, calor, velocidad, temperatura fueron variables que se trataron de mantener dentro de cierto rango de variación; por medio de dispositivos, que recibieron el nombre de servomecanismos; algunos de ellos relativamente sencillos como una válvula de alivio de presión, que simplemente deja escapar vapor cuando éste alcanza un nivel de presión no deseado; hasta mecanismos más elaborados, que en sí forman, un sistema, integrados por sensores (o transductores), equipo de medición y actuadores, programados para actuar con diferente intensidad y/o por diferente camino, de acuerdo con las condiciones del sistema que controlan y las instrucciones previamente establecidas.

Los servomecanismos presentaban problemas de sensibilidad, estabilidad, fidelidad de respuesta y otros, lo que ayudó a plantear y resolver la Teoría de Sistemas, y de ello se derivó una rama de la Ingeniería especializada en el control automático. Con la aparición de la computadora electrónica, la necesidad del control automático se hizo mayor, por lo que se desarrolló fuertemente esta especialidad.

Pero no sólo fue en la construcción de maquinaria, equipos o control de procesos de producción donde fue bien recibida la Teoría de Sistemas, si no también tuvo una calurosa acogida en la planeación de otros Sistemas de actividad humana, enfocados desde puntos de vista técnicos, económicos y sociales. Un ejemplo de esta aplicación se tiene en un proyecto de desarrollo regional, el cual no toma en cuenta sólo los recursos o producción de una región, sino que en él se analizan también su potencial, su población, la capacitación de su mano de obra y otros factores importantes, con el fin de tomar la decisión más adecuada respecto a las obras que deben construirse, las industrias que deben establecerse, los mercados que deben atacarse, etc..

La ingeniería aprovecha cualquier logro teórico para llevarlo a la práctica en apoyo de toma de decisiones óptimas, de carácter técnico, económico y social y analizar las implicaciones que las obras inherentes, tienen en todos los aspectos del grupo social al cual van a ser aplicados.

CONCEPTO DE SISTEMA

Todo sistema está formado por objetos, ideas o actividades relacionadas de tal manera que permiten su identificación como un todo coherente, como una unidad lógica y funcional.

El uso mismo de la palabra *sistema* con referencia a una unidad aislada implica una actitud especial hacia ella: *el interés analítico de las relaciones que vinculan sus elementos o partes.*

De aquí que todo el mundo constituye un sistema y todas sus partes son sistemas menores diversamente combinados.

Todas las unidades ordenadas son sistemas, por definición, pero sólo algunas de ellas son consideradas como tales. Muchas otras entidades podrían ser consideradas genéricamente como sistemas, pero solo excepcionalmente se tratan como tales. Los animales, los automóviles, las plantas industriales y las ciudades, pueden ser consideradas como sistemas con tanto rigor como muchas otras entidades. Son también ejemplos de sistemas: el sistema de ignición de un automóvil, un sistema de manejo de materiales, un sistema de tráfico.

El que una unidad o entidad sea admitida o no como sistema, depende del tipo de interés que se tenga en ella.

Un hombre puede considerar su automóvil como un objeto, un símbolo de su posición social, un medio de transporte conveniente o necesario, una fuente de poder y satisfacción, o una combinación de todas estas cosas.

Pero otros pueden ver el automóvil como un complejo sistema de miembros estructurales, conductos, componentes eléctricos, cámaras de combustión, engranajes, mandos y compartimientos habitables, funcionalmente coordinados de manera ingeniosa.

Puede identificarse un enfoque, a objetos y fenómenos, desde el punto de vista de sistemas o *sistémico*, cuando se centra la atención en las interacciones de sus partes como un todo funcional. La palabra *sistémico* se utiliza principalmente para hacer notar la diferencia entre el punto de vista de sistemas y lo que es meramente sistemático en el sentido de lo que sólo es metódico u ordenado.

El estudio de los sistemas se emprende por razones muy diversas y con diferente profundidad. Puede ponerse el interés en sistemas particulares o individuales, pequeños o grandes, tales como un caballo, una rotativa o el sistema de control de tráfico de un aeropuerto; en grupos de sistemas, por ejemplo todos los animales, una editorial o el sistema de transporte aéreo del país; o en clase de sistemas, tales como los sistemas biológicos o los sistemas mecánicos.

El interés en los sistemas puede ser de tipo intelectual, recreativo o profesional, y en este último caso puede ir desde su simple operación o explotación, incluyendo reparación y mantenimiento, hasta su diseño y evaluación.

Es claro que el interés sistémico es mayor conforme se avanza de la simple operación de sistemas hacia el diseño y la evaluación. El operador de un sistema no necesita, en general, conocer más de su mecánica que la manera de manipular sus controles.

Los sistemas en los que existen interacciones más complejas entre operadores y equipos, exigen correspondientemente una comprensión más profunda de los detalles de funcionamiento, si el objetivo es alcanzar un nivel de operación óptimo. Las personas que intervienen en la navegación aérea, como miembros de una tripulación o como parte del personal de tierra, sólo pueden cumplir acertadamente sus funciones, cuando poseen ideas muy claras acerca de la naturaleza global del sistema del que forman parte.

La necesidad de conocer más a fondo la naturaleza del sistema que opera o de que forma parte un operador, aumenta a medida que la función de éste tiende a ser la de coordinación o control de aquél. El operador que coordine o controle, necesita conocer las interrelaciones estructurales y funcionales de los componentes del sistema y la interrelación es la esencia misma del estudio de los sistemas. Es por esto que, aunque toda persona tiene siempre algo que ver, con diversos sistemas, su interés en la teoría de los sistemas crece más y más en la medida en que avanza desde su condición de simple usuario, hacia la de los que los controlan, man tienen y diseñan. Los encargados del mantenimiento, como los mecánicos de automóvil y los médicos, necesitan conocer a fondo la naturaleza sistémica de los sistemas de que se ocupan en particular: automóviles o seres humanos; pero este conocimiento se refuerza con el de otros sistemas similares: otros sistemas mecánicos y otros sistemas biológicos. El diseñador (inventor o ingeniero) necesita conocer en primer término, los principios de toda una clase de sistemas ya sean mecánicos, eléctricos, químicos o sociales, conocimiento que en este caso ha de ampliarse y perfeccionarse con el estudio de los sistemas PER SE.

Para ejemplificar lo anterior hablemos de un sistema de todos conocido: el sistema de comunicación telefónica.

Como simples usuarios, sólo tenemos que saber la manera de establecer la comunicación con un punto de la red determinado. El funcionamiento de las terminales (teléfonos) y de la red telefónica no nos interesa mayormente. Sin embargo, para el operador de un conmutador (central telefónica, pequeña y local) el conocimiento del subsistema que maneja debe ser mayor, ya que debe recibir y generar llamadas, transferirlas de una extensión a otra y saber dónde están ubicadas las terminales (extensiones) para transferir una llamada a algún usuario cuya terminal esté ocupada.

Para las personas que dan mantenimiento a teléfonos, conmutadores y líneas de transmisión, es necesario además, conocer el funcionamiento de estos elementos en conjunto e individualmente, diagnosticar sus fallas de acuerdo con la información proporcionada por el usuario y con la que recabe directamente y poder desarmar, sustituir partes, ajustar y probar, para poner nuevamente en funcionamiento correcto la unidad dañada, de acuerdo con el resto del sistema.

Quien diseña redes telefónicas, tiene a su vez un amplio conocimiento de todos los elementos que la forman, sus interrelaciones; maneja óptimamente los principios de electricidad, magnetismo, electrónica, mecánica, construcción y optimización de sistemas de comunicación.

DEFINICION DE SISTEMAS

Podrían mencionarse un gran número de definiciones de sistema, de hecho una por cada autor sobre este tema, pero se hará una discusión de los elementos presentes en todas las definiciones para poder establecer una que abarque la mayor parte del concepto.

En primer lugar, se menciona que *sistema es un conjunto de objetos, ideas, actividades, partes o elementos*. Esto lleva a la idea de que un sistema es desmembrable y divisible en sus partes o elementos, lo que permite sustituir o cambiar dichos elementos e incluir otros y que cada parte o elemento puede ser a su vez un sistema, esto es, un subsistema del sistema en estudio.

Estos elementos están *interrelacionados, conectados, organizados, integrados y por lo tanto interactúan entre sí*. Es decir, existe una fuerte relación entre todos los elementos de un sistema. El funcionamiento de cada elemento influye en mayor o menor medida en el funcionamiento y resultados de los demás elementos del sistema, por consiguiente en el funcionamiento y resultados del sistema completo.

Una idea presente en la mayoría de las definiciones es que el *sistema tiene un objetivo, un para qué*. No tiene sentido hablar de un sistema o estudiarlo, si no obtenemos un resultado final de él, un producto o una salida. Dicho resultado, producto o salida dependerá de los estímulos, causas o entradas al sistema y de las propias características de éste.

Por lo anterior puede construirse la siguiente definición: *sistema es un conjunto de objetos, ideas, actividades, partes o elementos que se encuentran interrelacionados, conectados, organizados e integrados, de tal manera que todos interactúan entre sí para lograr un fin u objetivo*.

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

Los sistemas pueden clasificarse de muchas maneras atendiendo a diferentes puntos de vista. En estos párrafos se expondrán algunas clasificaciones, de carácter general, que permiten una mejor comprensión del concepto sistema.

Existen sistemas a los que aún no pueden aplicarse los conceptos del proyecto humano o de la ingeniería. Tales son los sistemas naturales que forman el Universo y el medio ambiente. Por ejemplo: los sistemas cristalográficos que integran la materia o el mismo ser humano; aunque en la actualidad el hombre sintetiza cristales y trata de construir miembros u órganos artificiales que imitan los naturales.

Una primera clasificación, por tanto, puede ser aquella que diferencie los sistemas en naturales y planificados.

Se define como *sistema natural*, aquel que ha adquirido sus características sin intervención del hombre. Los sistemas galácticos, los sistemas moleculares (en su mayoría), los sistemas biológicos (ecosistemas), el cuerpo humano.

El *sistema planificado*, llamado también sistema inventado o sistema hecho por el hombre, es el producto del ingenio humano. Los artefactos electro-mecánicos entran en esta categoría. Los sistemas de organización industrial, diversos sistemas operativos, sistemas de manipulación de materiales, sistemas de control de producción y sistemas para el procesamiento de información son principalmente de esta clase.

Entre los sistemas considerados como planificables es conveniente diferenciar dos grandes tipos: los que consisten sólo de objetos y los que consisten de objetos y personas. A los primeros se les llama *sistemas físicos* y a los segundos *sistemas de actividad humana*.

En el área de los sistemas planificados, se definen los sistemas físicos como aquellos que sólo incluyen componentes mecánicos, eléctricos y/o químicos. Son en cambio, sistemas de actividad humana los que incluyen componentes humanos y componentes físicos.

Las unidades de los sistemas de actividad humana son seres humanos individuales, herramientas individuales, máquinas, materiales y otros objetos físicos, y a veces, aunque en mucho menor frecuencia que en épocas pasadas, animales.

La combinación más simple de elementos que puede clasificarse como un sistema de actividad humana, tal como se ha definido éste, es la formada por un único ser humano; alguna herramienta, máquina, animal, material u otro objeto físico; y una relación funcional definible entre ellos. Puede tratarse de un hombre, un libro y un programa de estudio; un muchacho montado a caballo; una muchacha, una máquina de escribir con sus accesorios y el proceso de escribir cartas.

Estos elementos pueden combinarse en sistemas más amplios, y éstos a su vez, en sistemas de nivel superior, cuya complejidad posible sólo está limitada por la capacidad de comunicación y transporte, los elementos unificadores de todo sistema y por el ingenio humano para erigir sistemas de actividad humana de gran escala, pero manejables. El desarrollo de la comunicación instantánea a larga distancia y del transporte de gran velocidad, ha eliminado muchas de las limitaciones físicas que se oponían a la integración de sistemas mundiales (o han forzado esa creación) y los sistemas de actividad humana rodean actualmente el globo sin perder por ello eficiencia. Son ejemplos las líneas aéreas internacionales y las redes de comunicación.

La limitación última para la creación de sistemas de actividad humana de nivel superior, con beneficios prácticos crecientes para la humanidad, se halla en la capacidad del hombre para planearlos, implementarlos y manejarlos.

Considérense los siguientes ejemplos de sistemas: un plan para la clasificación de libros y revistas, un sistema para jugar cartas, un cristal de calcita, el sistema solar, una planta manufacturera y un sistema de defensa.

Se puede ahora hacer otra distinción, entre los sistemas del mundo real y los sistemas conceptuales.

Todo sistema del mundo real tiene extensión en el espacio, como la tienen el cristal de calcita, el sistema solar, la planta manufacturera y el sistema de defensa antes mencionados.

Un sistema conceptual es una organización de ideas.

Entre los ejemplos anteriores el plan para clasificar libros y el sistema para jugar cartas son sistemas conceptuales. Se trata de conjuntos de ideas, no de entidades que ocupen espacio.

Un manual de procedimientos puede ser impreso en un libro que ocupa espacio, pero las instrucciones contenidas en el volumen impreso dado, es una representación del sistema, no el sistema mismo, que es ideológico:

un conjunto de principios para decidir la acción a tomar en distintas situaciones.

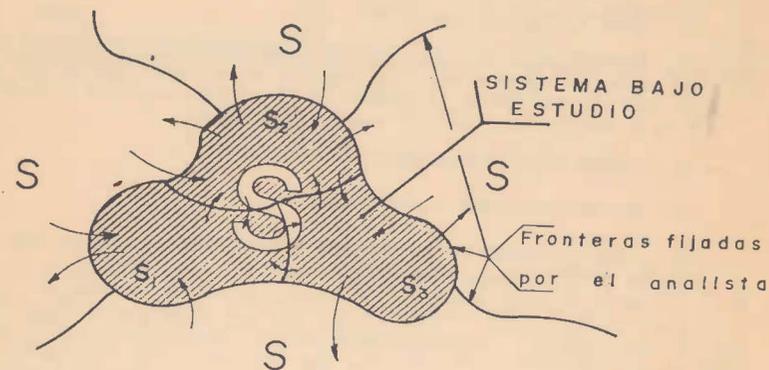
Es también un sistema conceptual el plan o el proyecto de un sistema del mundo real, antes de que éste sea efectivamente realizado.

Por otra parte, un sistema del mundo real puede a su vez ser simulado por medio de un sistema conceptual, por ejemplo, matemático, con fines de análisis. Los sistemas conceptuales desempeñan un importante papel en la operación y el análisis de los sistemas de actividad humana del mundo real.

ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS

Aunque muy diversos, como se ha visto hasta ahora, los componentes o elementos de un sistema pueden ser clasificados o identificados por la función o papel que juegan en él.

Debe comenzarse por recalcar el concepto de que un sistema no está aislado o solo y que sus fronteras las fija el analista, de acuerdo al objetivo que persiga con su estudio. Esta idea se representa en la figura 1.1



SISTEMA AISLADO PARA SU ESTUDIO

Figura 1.1

Como podrá verse, el sistema está rodeado de otros sistemas que forman su medio ambiente y que a su vez están relacionados con él. Todas las flechas señalan las interrelaciones y pueden ser supuestas como flujos de materia, energía, información o dinero.

Para mayor facilidad un sistema se representa por un rectángulo, con una sola flecha entrante todos los flujos provenientes del medio ambiente, y con otra saliente todos los flujos que parten del sistema estudiado. A la primera se le llama entrada y a la segunda salida.



REPRESENTACION DIAGRAMATICA DE UN SISTEMA

Figura 1.2

Es fácil comprender que la salida es diferente de la entrada ya que el flujo es transformado de alguna manera dentro del sistema.

Aquí pueden establecerse una serie de preguntas respecto al diagrama mencionado, cuya contestación permitirá establecer ciertos principios.

¿Es siempre constante la entrada?

No. Como no depende del sistema, es variable. Puede modificarse, pero no modelarse completamente, dicho de otra manera son condiciones medio-ambientales.

¿Es siempre constante la salida?

No. Depende de la entrada y de las características del sistema, y más aún, como los sistemas son dinámicos, la salida dependerá de las características del sistema en el momento en el que se procesa la entrada, dicho de otra manera, dependerá del *estado* del sistema.

La pregunta siguiente es obvia.

¿El estado del sistema es constante?

No. Para contestar a esta pregunta es necesario clasificar los elementos del sistema en: parámetros y variables.

PARAMETROS Y VARIABLES DE ESTADO

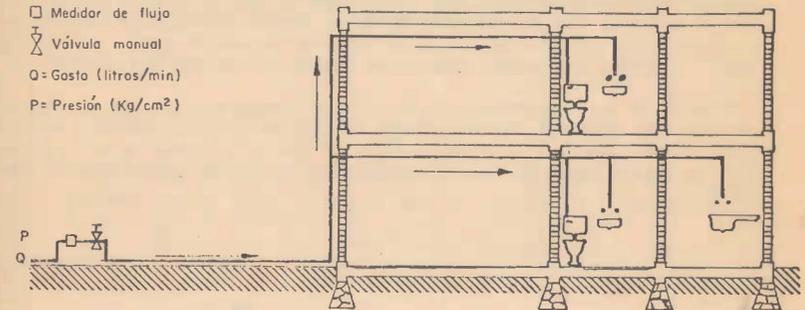
Parámetros son todos aquellos elementos estructurales que no cambian con el transcurso del tiempo o cuyo cambio no es determinante en la salida y pueden considerarse constantes.

Las variables de estado representan diferentes valores de algunos elementos y hacen variar las características del sistema de un instante considerado al siguiente.

Para aclarar estos conceptos se puede recurrir a un ejemplo:

Considérese el sistema de distribución de agua en una casa habitación, que se presenta en la figura siguiente:

La entrada del sistema es la conexión a la red de distribución de agua potable de la ciudad. La salida, para la que fue diseñado y construido el sistema, es el hecho de disponer de agua potable en diferentes lugares de la casa como son baños, cocina y servicios.



SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA EN UNA CASA HABITACION

Figura 1.3

La manera como opera es simple: la red entrega una cierta cantidad de agua (GASTO, Q , medido en litros/min.) a cierta presión (P , kg/cm^2). Si el gasto y la presión se mantienen constantes puede abrirse cualquiera de las válvulas (llaves) y obtenerse el líquido. En este caso, las variables de estado serían las que nos indicarán cuáles válvulas estarían abiertas y cuáles cerradas. Los parámetros serían las dimensiones de la tubería y las válvulas.

Esquemáticamente puede representarse de la siguiente manera:

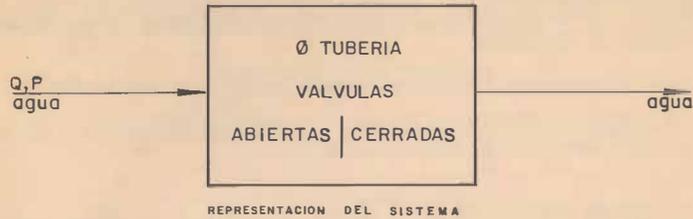
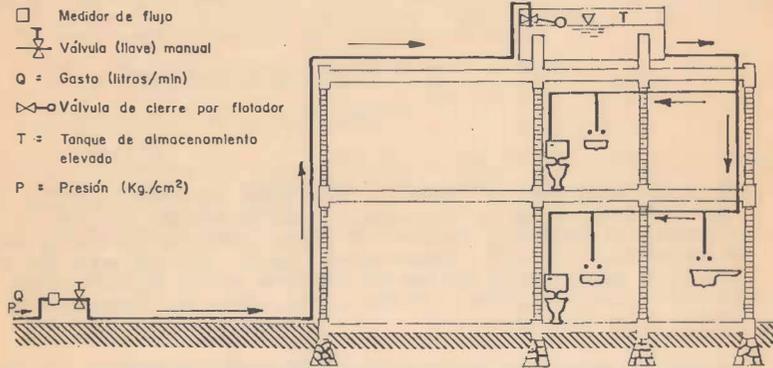


Figura 1.4

Sin embargo, si la presión (P) o el gasto (Q) no son constantes puede suceder que no se obtenga agua en un momento dado en alguna de las válvulas o salidas. En los momentos de mayor demanda de agua la presión baja y puede darse el caso de sólo tener agua en la planta baja. Variaciones en la entrada, por tanto, afectan el producto o salida del sistema.

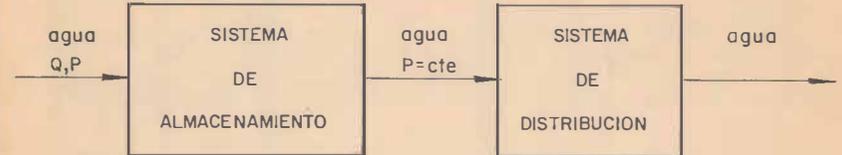
Para evitar este problema, se instala un tanque elevado, en la azotea de la casa, que será llenado cuando el sistema de distribución tenga una presión adecuada. Esto permite eliminar las variaciones en el suministro de agua a pesar de las variaciones en la entrada sobre todo de presión.



SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA CON TANQUE ELEVADO

Figura 1.5

La representación de este sistema se presenta a continuación, de hecho, separándolo en dos sistemas conectados para mayor claridad.



SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE AGUA

Figura 1.6

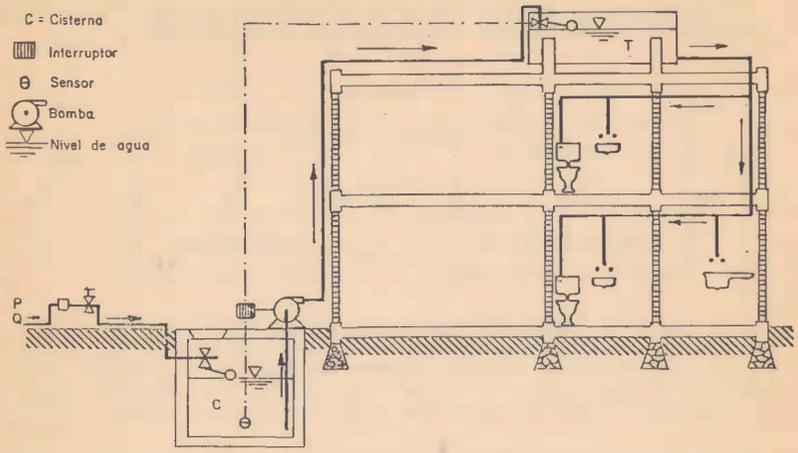
Sin embargo, este sistema todavía está sujeto a variaciones de la entrada. Supóngase que el gasto demandado por el sistema de distribución interna es mayor que el entregado por la red, durante un lapso más o menos largo; habría momentos en que el tanque de almacenamiento se vaciaría provocando la falta de agua o el funcionamiento deficiente del sistema de distribución.

Para evitar estos problemas es obvio que se necesitaría un almacén de agua de mayor magnitud; más grande inclusive que la mayor demanda registrada.

Cabe señalar que el cálculo del tamaño de este nuevo almacén obliga al diseñador a conocer o estimar, con base en estadísticas, cuál sería la demanda máxima, dependiendo del uso que se le esté dando al agua y del número de usuarios.

Debido a que un depósito mayor ubicado en la azotea obligaría a un costo más elevado en cimentación y estructura de un edificio, se opta por un depósito subterráneo, del cual se puede enviar agua al depósito elevado, mediante un sistema de bombeo, como se ilustra en la figura 1.7.

- C = Cisterna
- ☐ Interruptor
- ⊖ Sensor
- ⊕ Bomba
- Nivel de agua



SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA CON CISTERNA,
SISTEMA DE BOMBEO Y TANQUE ELEVADO

Figura 17

El funcionamiento de este sistema se lleva a cabo de la siguiente manera: cuando el nivel del tanque elevado ha descendido hasta un valor preestablecido, envía una señal a un control eléctrico (reelevador) para que éste accione la bomba, que se encargará de subir el agua de la cisterna (depósito subterráneo), al tanque elevado.

La cisterna recibirá el agua de la red sin importar las variaciones en la presión o en el gasto, lo cual garantiza la existencia de agua, la mayor parte del tiempo, pues sólo en condiciones extremas (falta de agua en la red), el sistema descrito no contaría con agua.

El sistema ha crecido, se ha hecho cada vez más complejo. Puede representarse aún con un rectángulo pero, aunque las condiciones de entrada siguen siendo las mismas, la operación del sistema da resultados más con fiables.

Ahora el sistema cuenta con un número mayor de parámetros que son: la capacidad de la cisterna, la capacidad de la bomba, la capacidad del tanque elevado, el diámetro de la tubería y el número y tipo de las válvulas que entregan el agua a los usuarios.

Si se desea saber en un momento dado cuáles son las condiciones de operación del sistema, deben recabarse los siguientes datos:

- Nivel de agua en la cisterna.
- Condición de trabajo de la bomba (funcionando o en reposo).

- Nivel de agua en el tanque elevado.
- Número de válvulas abiertas y de válvulas cerradas.

Estos datos indican el estado del sistema, por lo que se les llama variables de estado.

Algunas variables de estado pueden tomar diferentes valores, como el nivel de agua en los depósitos que puede ir de cero hasta el valor máximo de su capacidad. Otros sólo tienen dos valores posibles, como en el caso de la bomba (funcionando o en reposo) o en el de las válvulas (abiertas o cerradas).

Se analizará ahora el sistema de bombeo en relación con el sistema de distribución de agua al cual pertenece.

En primer lugar, la bomba sólo funciona si dos condiciones están presentes: el nivel del agua en el tanque elevado debe haber descendido hasta una posición prefijada que será registrada por un sensor, y que el nivel de agua en la cisterna sea mayor que un valor conveniente y que también es registrado por otro sensor. La bomba no debe actuar cuando el tanque elevado se encuentre lleno o cuando no haya agua en la cisterna. Ambos casos dañarían el sistema de bombeo.

Ya se ha hablado de sensores y de un interruptor que interpreta la señal de los sensores (reelevador) para iniciar o parar la acción de la bomba.

El sistema puede representarse de la siguiente manera:

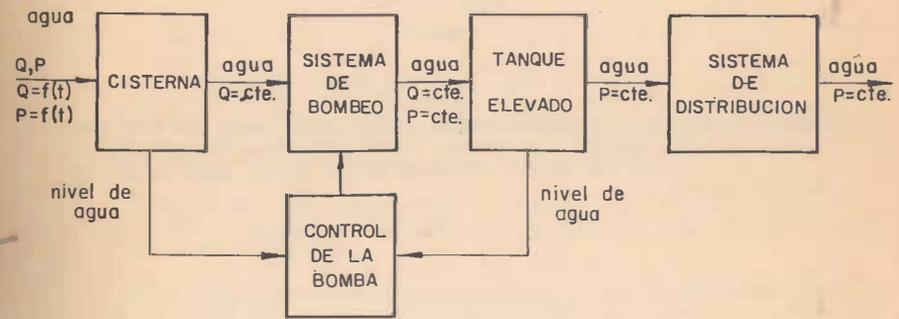


Figura 18

De esta forma, el sistema puede arrancar o parar sin la intervención de la mano del hombre, lo que se traduce en que el operador no forzosamente debe estar vigilando los niveles de los depósitos para arrancar o parar la bomba. El sistema es automático. A este tipo de sistemas se les llama

ma retroalimentados, pues toman parte de la salida del sistema o una imagen (en este caso los niveles de los depósitos) para variar su acción.

Como puede verse en este ejemplo, el suministro de agua al tanque elevado depende del estado del propio tanque y del estado de la cisterna que son las variables de entrada al sistema de control.

Resumiendo: Un sistema está formado por variables de entrada o exógenas, variables de salida o endógenas, parámetros y variables de estado; en el caso de los sistemas autocontrolados o retroalimentados se cuenta también con los elementos de control, que a su vez forman un sistema acoplado.

Esquemáticamente se representa de la siguiente manera:

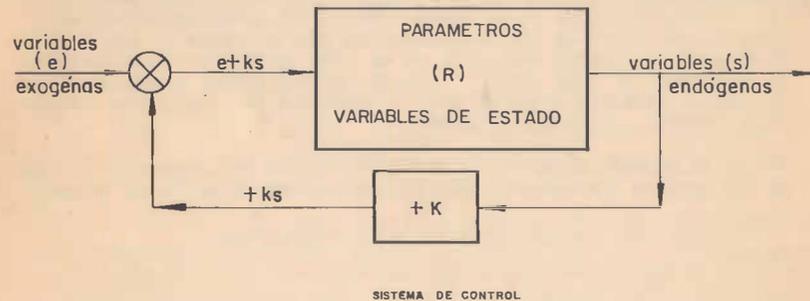


Figura 1.9

Debido al objetivo y alcance de estas notas, no se tratan con toda profundidad estos conceptos. Sin embargo, debe decirse que este modelo es la base de la Teoría de Control (Cibernética), y por lo tanto de la Ingeniería de Control.

RETROALIMENTACION

Supóngase que un lápiz rueda sobre una mesa. Una persona parada junto a la mesa, mueve la mano hasta alcanzar el lápiz y sujetarlo, antes de que éste caiga al suelo.

Desde el punto de vista de sistemas, el hombre y el lápiz en movimiento formaron un sistema, donde la entrada es la posición del objeto y la salida la posición de la mano, que debe coincidir en un momento dado, con la del lápiz para poder atraparlo.

Debe exponerse cómo funcionó el sistema: La entrada, es la posición cambiante del lápiz, sobre la cual el hombre no tiene control, la salida es la posición de su mano. Entre la mano y el lápiz existe una distancia que se va acortando hasta coincidir mano y objeto; esto lo realiza utilizando sus ojos, como comparador entre la posición de la mano y la del lápiz, que transmiten esta información al cerebro, el cual la procesa, y envía las órdenes correspondientes a la mano para disminuir la distancia. Una vez disminuida la distancia, y esto se hace en forma continua, otra vez se compara la nueva posición de la mano con respecto al lápiz y así sucesivamente.

Visto en un diagrama de bloques sería:

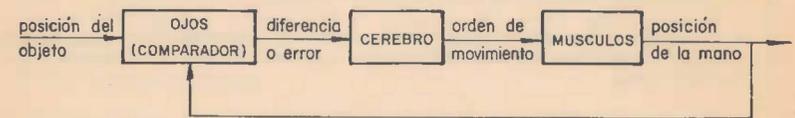


Figura 1.10

El sistema por tanto se encarga de medir la diferencia, que algunos autores llaman error, entre la posición de la mano y la del lápiz. Esta diferencia cambia la salida. La nueva salida origina una nueva diferencia o error. Este error nuevamente genera una nueva salida y así sigue hasta reducir el error a cero.

De esta manera puede decirse que un sistema es retroalimentado cuando la salida no depende exclusivamente de la entrada, sino también de la salida misma del sistema.

Si la acción descrita tratara de hacerse sin retroalimentación (imagíne se un hombre con los ojos vendados), el lápiz se movería y el hombre podría también mover su mano pero, a menos que tuviera un oído muy bien entrenado, la reducción del error (diferencia de posición entre la mano y el lápiz) no podría llevarse a cabo.

El sistema retroalimentado automáticamente alcanza la meta de reducir el error a cero, haciendo la entrada igual a la salida. En el sistema hombre-lápiz, la meta u objetivo es llevar la mano del hombre al lápiz. En la conducción de un automóvil en una carretera, el objetivo es mantener el auto en el centro del carril por el que circula.

En cada uno de estos casos, el sistema tiene una meta clara; se lleva a cabo una medición del error: ¿qué tan lejos está la salida de la meta deseada? El error entonces, altera la salida encaminándola hacia la meta u objetivo deseado. Esto es retroalimentación.

RETROALIMENTACION COMO AUTO-REGULACION

La retroalimentación puede ser considerada para alcanzar una meta u objetivo, pero también muchos sistemas retroalimentados pueden ser considerados como reguladores automáticos.

Aquí debe hacerse una aclaración entre lo que significa mecanización y lo que significa automatización, ya que son conceptos fundamentalmente diferentes.

La mecanización es la utilización de máquinas para reemplazar el trabajo realizado por los músculos del hombre.

La automatización reemplaza al hombre en la actividad de tomar decisiones. En un sistema automatizado se tiene retroalimentación. La salida es automáticamente comparada con el objetivo o salida deseada, mediante la medición del error. Con base en este error, se tomará la decisión de modificar la salida a fin de reducirle.

Volviendo a los sistemas auto-regulados, considérese el siguiente ejemplo de carácter económico:



Figura 1.11

La salida de este sistema es el precio de un producto (zapatos de hombre de cierta calidad, por ejemplo). Supóngase que el precio normal es de \$ 300.00. Cuando el precio de las tiendas asciende a \$ 350.00, estará \$ 50.00 arriba del precio normal. La salida del comparador será entonces la diferencia de \$ 50.00. Este precio alto provoca la aparición de un número mayor de fabricantes de zapatos, en la calidad especificada, por lo que la cantidad de zapatos manufacturada aumenta. Esta sobre oferta en el mercado causa entonces que el precio caiga, debido a que los fabricantes deben reducir sus precios para poder vender sus zapatos. Ahora, el precio ha bajado de \$ 250.00 a \$ 50.00 por debajo del precio normal, dando por resultado que algunos fabricantes abandonen esta línea de calzado ocasionando, al mismo tiempo, escasez del producto por lo que nuevamente se eleva el precio a \$ 300.00.

El sistema, en este ejemplo, automáticamente ajusta el precio; cuando éste es bajo lo eleva y cuando es alto, lo reduce.

Este ejemplo puede ilustrar otro factor que también se encuentra presente en algunos sistemas retroalimentados: *la inestabilidad* o la tendencia de la salida a caer fuera de control. La salida, en este caso, puede oscilar indefinidamente: primero en precio alto, luego bajo, nuevamente alto, nuevamente bajo y seguir así. Tal inestabilidad aparece debido a que existe un ciclo cerrado dentro de los sistemas retroalimentados. Las señales pueden viajar alrededor de estos ciclos constantemente como se ve en el siguiente diagrama.

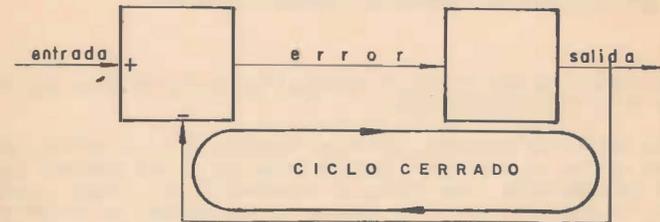


Figura 1.12

Si se comienza con un error de 0.01 y éste es multiplicado por 10 cada ciclo efectuado y éste se realiza en un segundo, el error es 0.1 en el segundo siguiente. Un segundo después es 1.0 y después de sólo 8 segundos será de 1,000,000.

Esta tendencia hacia la inestabilidad en los sistemas retroalimentados puede ilustrarse con algunos otros ejemplos:

1. La relación entre el sueño y la salud es algunas veces un sistema retroalimentado. Cuando una persona sufre un resfrío, éste le provoca una congestión nasal, que le dificulta dormir. La falta de sueño o descanso le agudiza el resfrío, lo que a su vez le ocasiona mayor dificultad para dormir.
2. Los sistemas económicos frecuentemente presentan retroalimentación. Cuando un sindicato de un sector económico importante obtiene un considerable aumento en los salarios de los trabajadores, éste se refleja en los precios de los productos de dicho sector, que seguramente también se incrementarán. Además, los trabajadores con mayor poder adquisitivo, demandarán mayor cantidad de los productos provenientes de otros sectores, ocasionando escasez y con ello un aumento de precios. El resultado será que el mencionado sindicato, ante la escalada de precios, demande nuevamente mayores aumentos, provocando una espiral inflacionaria, que ni el mismo sindicato puede controlar. La tendencia a oscilar (inestabilidad) sólo podrá ser controlada mediante cambios gubernamentales en el gasto público y en impuestos.

RETROALIMENTACION PARA EL CONTROL DE SEÑALES NO DESEADAS

El control de las señales no deseadas es uno de los usos más importantes de la retroalimentación.

Las señales no deseadas, que en el lenguaje de ingeniería se les conoce como ruidos, algunas veces afectan la salida de los sistemas. Los ruidos son impredecibles, esto altera el desempeño de un sistema causando salidas indeseables. Cuando un sistema retroalimentado es operado correctamente, la salida se controla continuamente. Esto es, cuando la salida cambia debido a señales fuera de control, las correcciones son hechas automáticamente.

La figura a continuación muestra un ejemplo.

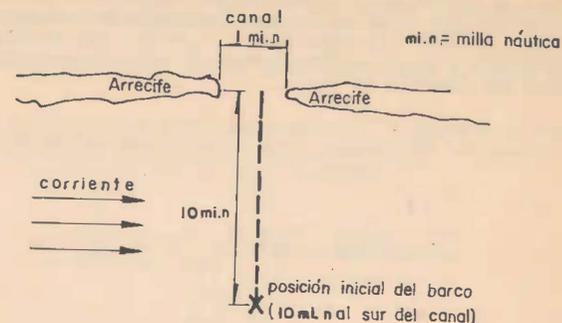


Figura 1.13

Un barco se localiza a 10 millas náuticas (mi.n.), al sur de un canal abierto a través de un arrecife. El canal de navegación está claramente indicado por boyas y por faros luminosos y el barco viaja con dirección norte, repentinamente es envuelto por una espesa niebla por lo que no se cuenta con la ayuda de las boyas ni de las señales luminosas para efectuar su recorrido. El barco navega a una velocidad de 10 mi.n./hr. y el piloto certificó su posición antes de la niebla, con lo que calcula pasar por el canal en una hora si no existe ningún otro factor que afecte su curso. Pero ¿qué sucede si una corriente de 2 mi.n./hr. arrastra al barco hacia el este? El movimiento hacia el norte no se afecta, pero una hora después el barco estará 10 millas náuticas al norte y 2 millas náuticas al este, o sea 1.5 millas fuera del canal en el arrecife, con lo cual seguramente encallarían.

Para entender mejor el sistema se presenta un diagrama a continuación:

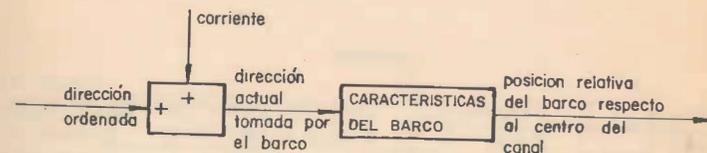


Figura 1.14

Diagrama de bloques para el problema de navegación.

La señal de entrada del sistema es la dirección que el navegante ha dado a la nave. Una señal no deseada (la corriente) se suma, en forma vectorial a la primera. De esta manera, la salida del sistema es una dirección diferente a la que se desea y por lo tanto la posición del barco en el centro del canal no se logra.

Si cada 15 minutos, el navegante rectifica su posición y corrige el rumbo del barco, la trayectoria de éste sería como se muestra en la figura.

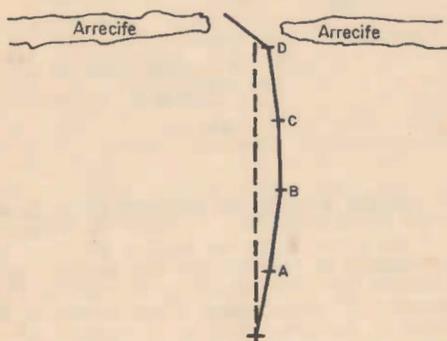


Figura 1.15

El diagrama de bloques se presenta a continuación:

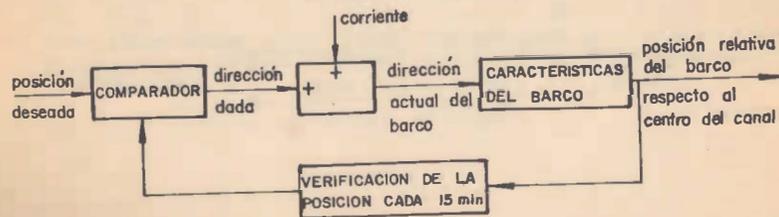


Figura 1.16

Cada 15 minutos, el navegante ve el canal y ajusta la dirección entre la posición que tiene y la que debería tener. En este ejemplo, la retroalimentación ocurre cada 15 minutos. Puede verse que si se usa retroalimentación continua entonces la ruta del barco sería como se ve en la figura siguiente:

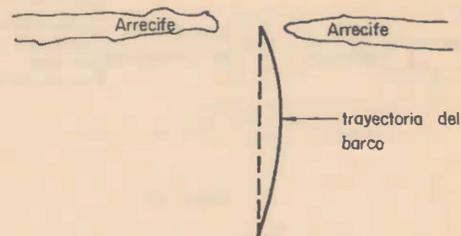


Figura 1.17

Inicialmente el barco se mueve fuera del curso deseado debido a la corriente (señal no deseada o ruido), pero la continua corrección del rumbo da como resultado el paso a través del canal sin dificultad. En este caso la retroalimentación del sistema compensa continuamente el efecto de la entrada no deseada (ruido). Este ejemplo ilustra en forma muy general uno de los usos más importantes de la retroalimentación. La retroalimentación puede ser usada para reducir los efectos de entradas no deseadas (señales, ruidos).

COMPENSACION AUTOMATICA

Otra de las grandes ventajas de la retroalimentación es que puede corregir automáticamente cambios o alteraciones que se presentan en un sistema.

Uno de los ejemplos más usados para ilustrar esta característica es el sistema de regulación de temperatura en una casa-habitación con calefacción central.

La salida del sistema es la temperatura de las habitaciones. La entrada es la temperatura deseada, preestablecida por medio de un termostato.

El diagrama de este sistema se muestra a continuación:

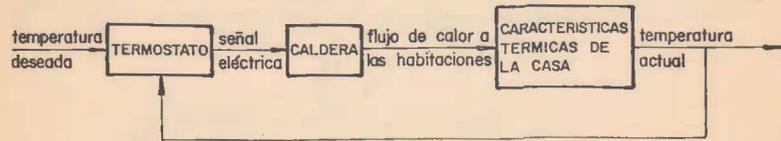


Figura 1.18

Cuando la temperatura en las habitaciones desciende del nivel deseado, el termostato cierra el circuito eléctrico encendiendo la caldera y el calor comienza a fluir dentro de la casa. El aumento de temperatura en las habitaciones depende del flujo de calor y de las características térmicas de la casa, esto es, si está continuamente aislada, el calor permanecerá dentro de la casa o si existen fugas, puertas o ventanas abiertas, la temperatura tardará en subir más tiempo (o no subirá si el calor perdido es mayor al suministrado). En un sistema perfecto el calor fluirá hasta elevar la temperatura algunos grados más allá de la temperatura deseada, donde el termostato abrirá el circuito eléctrico apagando la caldera y el calor dejará de fluir.

Las pérdidas de calor del sistema son entonces *automáticamente compensadas* por medio de la retroalimentación.

Con este ejemplo puede también hablarse de *sensibilidad*. El sistema es muy sensible si el rango de variación que permite en la temperatura ambiente es muy pequeño; y poco sensible si este rango es muy alto.

Supóngase que el termostato es capaz de registrar un cambio de 1°C en la temperatura ambiente. Si la temperatura deseada es 18°C , al descender ésta a 17°C encenderá la caldera; pero bastará sólo un poco de calor para hacer llegar la temperatura a 19°C e interrumpir el trabajo de la caldera, con estas condiciones, la caldera se encenderá y apagará en forma frecuente.

Lo cual no ocurre si se da un rango de variación más amplio. Supóngase la misma temperatura deseada en 18°C pero el termostato sólo actúa cuando ha descendido a los 15°C y se detiene cuando alcanza los 20°C . Estos serían condiciones más deseables y perfectamente soportables, con el fin de lograr un trabajo más equilibrado del sistema.

El extremo opuesto sería un termostato que necesitará bajar hasta 10°C para encender la caldera y subir hasta 25°C para apagarlo, lo que ocasionará cambios bruscos de temperatura perceptibles y molestos para quienes habitan la casa.

CAPITULO 2

ECOLOGIA

"Los problemas de conservación de la naturaleza y de regulación de su explotación no se resuelven con reglamentos, sino que son cuestión de educación, como están unánimes en reconocerlo todas las reuniones internacionales que sobre estos temas han menudeado los últimos años y que recomiendan actuar en consecuencia".

Ramón Margalef

E C O L O G Í A

ANTECEDENTES

El desarrollo de la geobotánica durante el siglo dieciocho y comienzos del diecinueve, fue influido por cierto número de circunstancias políticas de las potencias de la época. Se buscaba, con propósitos esencialmente coloniales, lograr el inventario de las riquezas naturales de otros países.

Los geobotánicos se dedicaron, durante sus expediciones en bastas zonas, a catalogar en función de los diversos climas, las especies, géneros y familias vegetales existentes sobre la superficie de la Tierra, de acuerdo a las regularidades que comprobaban en su distribución.

Cuando se logró disponer de información suficiente, los geobotánicos no se conformaron con cartografiar y catalogar, las regularidades en cuestión, sino que trataron también de explicarlas. Comprobaron que los individuos que componen un tipo de vegetación llevan a cabo su adaptación en idénticos factores del ambiente; asimismo verificaron que la extensión geográfica de ese tipo de vegetación, está limitado por factores que caracterizan al medio en estudio.

El biólogo alemán Ernest Haeckel, introdujo en 1869 el concepto Ecología, definiéndole como el estudio de la economía de la naturaleza y la investigación de las relaciones de las plantas y de los animales con los ambientes orgánico e inorgánico en que habitan. O sea que Haeckel la entendía, como una ciencia de observación cuyo objeto eran las especies animales y vegetales, no como seres coleccionables o clasificables, sino como elementos en interacción.

En el año de 1895, el danés Eugen Warming da a conocer un trabajo con el título de *geobotánica ecológica*, en el cual se enseña cómo las plantas y las comunidades vegetales ajustan sus formas y sus comportamientos a los factores de su ambiente. Esta obra es considerada el resumen del saber ecológico de la época, ya que se encuentran ahí todas las potencialidades logradas por investigaciones anteriores; que serán ampliadas en el transcurso del siglo veinte.

A partir de Warming, surgen diversos enfoques de la ecología: sobre bases fisiológicas (Shimper), el desarrollo de la botánica de las sucesiones (Mc Millan, Clements), ecología animal (Adams, Shelford), ecología humana (Adams, Brews), bioecología (Clements, Shelford), y biocenótica (Tansley, Shelford, Odum), los cuales abarcaron la biología de la primera mitad del siglo veinte.

Posteriormente a la segunda guerra mundial, los aspectos ecológicos surgidos son mayormente explorados y ampliados. La radiobiología se agrega a la serie de aplicaciones diversas de la física nuclear; son publicados tratados sobre la ecología de los microorganismos y sus aplicaciones a la agronomía, forestación, control de plagas, pesca e industria; sin embargo, esta utilización no siempre ha sido con fines benéficos, tal es el caso de las aplicaciones militares; los efectos de estas últimas sobre el medio han sido desastrosos. Sólo en el año de 1969, 1 100 000 hectáreas de bosques y tierras fueron sometidos, por los bombarderos norteamericanos a la acción de herbicidas y defoliantes con cuya utilización se buscaba eliminar el manto vegetal que cubre un tercio de la península indochina.

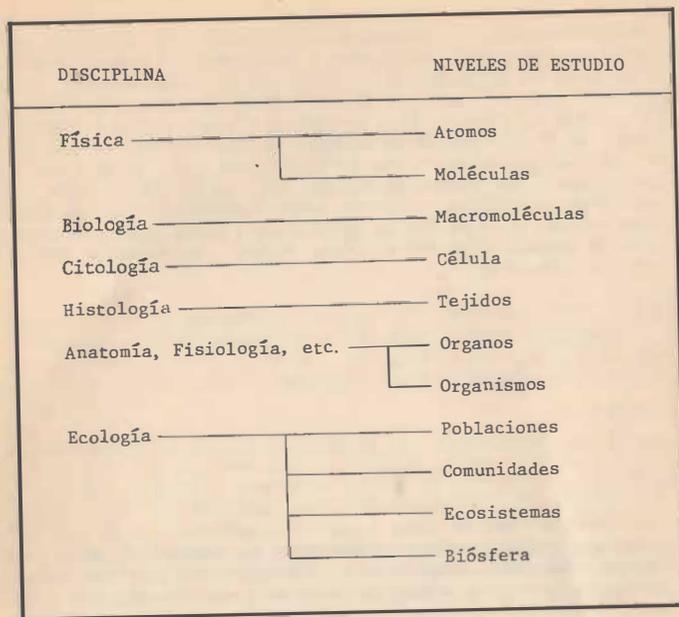
AMBITO ECOLOGICO

La Ecología como un campo especial de estudio, no es con mucho, una ciencia plenamente desarrollada, pero ha logrado sin duda grandes avances, con una base experimental y teórica suficiente en la comprensión de las relaciones y comportamientos de todo tipo de vida con los factores físicos de su medio.

La Ecología, según Ramón Margaleff, "se aparta de otras ciencias en su estudio porque, en general, mientras éstas tienden al análisis, a circunscribir y luego dividir su campo de trabajo, la Ecología es una ciencia de síntesis, que combina materiales de distintas disciplinas con puntos de vista propios. No es como un tronco de origen lejano que con el tiempo se ramifica y cada rama da la correspondiente ciencia, sino que se forma con varias raíces, originadas independientemente, que más tarde confluyen en una disciplina".

El estudio de la Ecología, como puede verse, es amplio y complejo, esto es, no puede ser dominada en su totalidad por personas aisladas, más bien, se tratará siempre de un trabajo multidisciplinario en el cual intervendrán: sociólogos, médicos, ingenieros, agrónomos, microbiólogos, además de biólogos, zoólogos, meteorólogos y otros especialistas.

Para apreciar el ámbito de la Ecología deben necesariamente considerarse diversos niveles de organización, utilizados en la Biología, que generalmente se han aceptado como: protoplasma, células, tejidos, órganos, sistemas de órganos, organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y biosfera. La Ecología está relacionada con los cuatro últimos niveles (ver cuadro 2.1), lo que corresponde básicamente más allá de los organismos individuales. La denotación de *población* se usó originalmente para grupo de personas; en Ecología se amplía para incluir grupos de individuos de cualquier especie. Asimismo, *comunidad*, en el aspecto ecológico, comprende todas las poblaciones de una área dada.



Cuadro 2.1

ECOSISTEMAS

Los seres vivientes nunca están aislados, sino que generalmente son parte de comunidades integradas por individuos de diferentes especies. Un bosque por ejemplo, consta de una extensión considerable de árboles, pero en un bosque seguramente hay muchísimas cosas más; el suelo tendrá una capa de desechos vegetales y cierta cantidad de hierbas, así como algunos animales. Todos estos elementos son parte del bosque, y muchos de ellos sobreviven dentro del ámbito. En él encuentran alimento, hallan refugio, viven y mueren. Cada momento de su existencia está en función de un conjunto de factores de diversos tipos. De esta manera, algunas aves se alimentan de insectos y a su vez, corren el riesgo permanente de ser presa de una culebra. Y la existencia y supervivencia de todos: insectos, culebra y árboles, dependerá, de contar con la presencia de otros elementos y del cumplimiento de ciertas condiciones. La germinación de la semilla, que dará por resultado un árbol está condicionada entre otros factores, por la humedad del suelo, la cual a su vez depende de las precipitaciones, de la permeabilidad del suelo y la evapotranspiración. Por lo tanto, la germinación es un fenómeno complejo debido a factores puramente físicos y de otros en los que interviene la actividad de los vegetales.

La comunidad de organismos (biocenosis) y el medio ambiente no viviente, escenario físico de la vida (biótopo), como en el caso del bosque, funcionan juntos como un *sistema ecológico* o *ecosistema*, que es en su más amplio sentido el término más técnico para decir *naturaleza*.

Un lago, un bosque, el mar, pueden ser considerados como ecosistemas diferentes. Sin embargo, existen posibles conexiones entre ellos; aunque hemos delimitado tres zonas, aprovechando la existencia de algunas discontinuidades (los bordes del lago, los límites del bosque, las playas del mar) que suponen barreras que restringen las relaciones entre zonas separadas, sin embargo existe una actividad de intercambio a través de estas barreras. De esta forma se puede decir que toda la biósfera es un amplio ecosistema.

LA BIOSFERA

Se denomina *biósfera* el conjunto de seres vivos que habitan el planeta Tierra. Por tanto, la biósfera no es una capa continua de materia viva, sino que está integrada en un gran número de individuos, estimados en unos dos millones de especies distintas. Estos individuos no están separados, existen entre ellos múltiples relaciones, de tal modo que a la discontinuidad espacial de la materia podemos oponer la continuidad funcional de todos los seres vivos.

Las condiciones necesarias que permitan la existencia de vida sobre la Tierra, que aparentemente son muy amplias, sólo se dan en una porción restringida del planeta, que está constituida de una capa de agua, suelo y aire la cual alcanza en la atmósfera una altura de 5000 metros sobre el nivel del mar y en los océanos supera pocas veces los 3300 metros de profundidad.

De acuerdo a la experiencia del hombre, limitada al sistema solar, la biósfera parece ser un fenómeno exclusivo de nuestro planeta, ya que presenta una serie de condiciones que no existen en ningún otro lado del sistema; como son principalmente la temperatura de su superficie, la presencia de grandes volúmenes de agua líquida, la atmósfera y las características del sustrato sólido.

El agua se localiza en toda la biósfera. La propia materia viva está altamente hidratada, y una parte importante de las reacciones metabólicas se verifican entre sustancias disueltas en un medio fundamentalmente acuoso.

En el planeta, el agua está distribuida principalmente en los mares, que cubren 3/4 partes de la superficie terrestre y constituye uno de los medios más adecuados para la vida. Existen además, volúmenes importantes de aguas continentales (ríos, lagos), en forma de vapor, subterráneas y otras formas más.

El agua presenta propiedades de interés trascendental en relación con la ecología. Así por ejemplo, su gran capacidad calorífica y sus elevados calores de fusión y de evaporación le permiten un papel termostático y regulador que repercute en los climas de todo el planeta.

Asimismo la atmósfera, que contiene una mezcla de gases que forman el aire, permite el desarrollo de la vida únicamente en su parte inferior, situada a una altitud variable según la latitud, que oscila en unos 15000 metros sobre el ecuador a unos 9000 metros en los polos.

Desde el punto de vista ecológico, el oxígeno, el anhídrido carbónico y el agua son los componentes de mayor interés presentes en el aire, seguidos del nitrógeno.

El sustrato sólido, se ubica en el límite inferior de las enormes masas de agua de la Tierra y en el de la atmósfera. En él viven numerosos organismos. Este importante sustrato es muy heterogéneo: rocas de diversos orígenes, edades y composiciones; sedimentos minerales y orgánicos del mar y lacustres; suelos más o menos desarrollados; hielos permanentes en los polos, altas montañas, etc..

Para el estudio ecológico, el más importante de estos tipos de sustrato sólido son los suelos, ya que no sólo forman el soporte físico para la mayor parte de organismos no acuáticos, sino que contienen además las reservas de agua y minerales necesarios para la vida vegetal, así como una gran cantidad de organismos, como bacterias y hongos, cuyo hábitat (medio en el cual viven) son precisamente las cavidades del suelo.

El suelo es un medio complejo en cuya organización intervienen materia les de la superficie de la litósfera (rocas madres), agentes atmosféricos (erosión) y los organismos vivos.

De esta manera, el medio ambiente donde se desarrolla la vida necesita contar imprescindiblemente con estos factores físicoquímicos, ya que actúan sobre ella y son a su vez, modificados por ella.

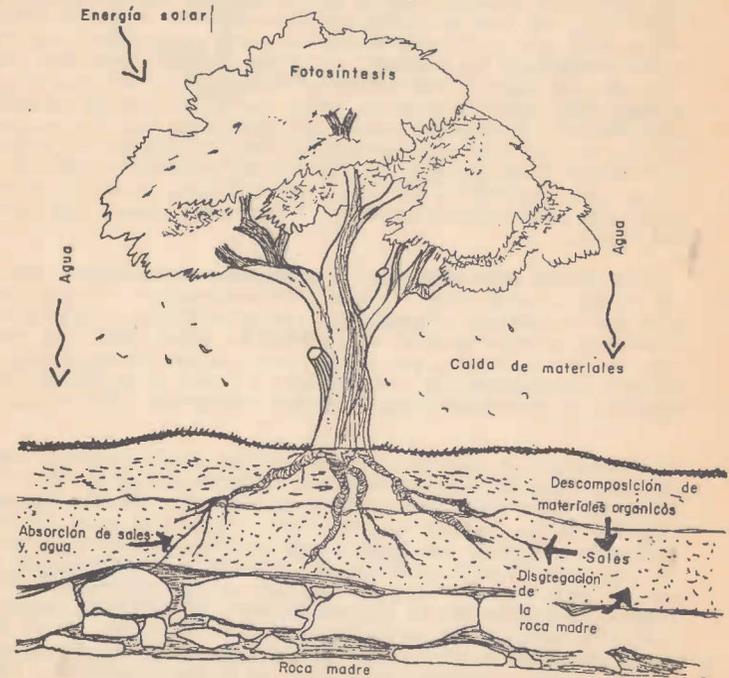
El origen y desarrollo de la biósfera, y la paralela modificación de su entorno físico se ha realizado en el transcurso de un largo proceso evolutivo, originado hace aproximadamente mil millones de años y que todavía continúa. En este proceso, los cambios en la biósfera o en su entorno, repercuten sobre el conjunto y es causa de nuevas alteraciones y constantes reajustes.

VIDA Y ENERGIA

La historia de la evolución química y biológica, es la historia de las interacciones entre la biósfera y su medio.

Los seres vivos cuentan con una composición química de moléculas orgánicas formadas por hidratos de carbono, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, los cuales son producidos por organismos vivos. Los seres vivos forman por tanto su propio cuerpo, necesitando para ello materia inicial y energía. La fuente principal de energía es el Sol.

A los organismos capaces de elaborar sustancias orgánicas, tomando del medio sólo sustancias inorgánicas sencillas y energía, se les conoce como *productores primarios*. Se puede considerar, que esta facultad es exclusiva de las plantas verdes, las que lo realizan a través del proceso natural llamado *fotosíntesis* en el cual intervienen estructuras celulares y catalizadores específicos. Estos productores primarios captan la energía del Sol y la almacenan como energía química en enlaces dentro de moléculas complejas (figura 2.1). Las transformaciones de los hidratos de carbono y la incorporación de algunos elementos presentes en el medio (nitrógeno, fósforo, hierro, etc.), permiten construir la gran diversidad de moléculas orgánicas que forman el cuerpo del organismo vegetal; de esta manera, éste consigue proporcionarse a sí mismo el alimento de sustancias orgánicas, que requiere para su crecimiento. Por esta propiedad se les ha denominado *autótrofos*.



PROCESO DE ALIMENTACION DE LOS AUTOTROFOS .

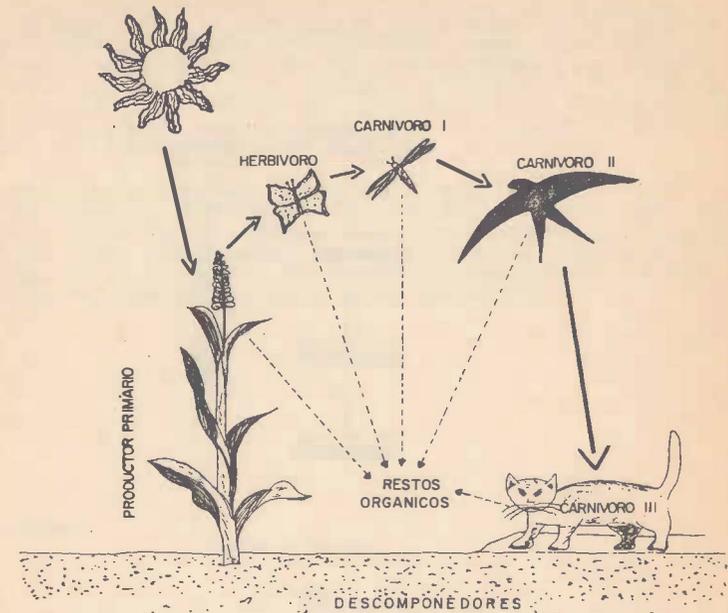
Figura 2.1

El hecho de procesar su propio alimento orgánico, es la característica distintiva de los productores primarios, que constituyen un primer eslabón o nivel necesario de la biósfera. Sin embargo, existen otros organismos que utilizan como alimento, para sobrevivir, a otros seres vivos. Estos se conocen como *consumidores* o *heterótrofos*. Unos pueden comer plantas verdes (herbívoros) y otros se alimentan de otros consumidores (carnívoros). En este último grupo se pueden diferenciar los carnívoros que comen herbívoros y los que se alimentan de otros carnívoros.

A nivel de ejemplo podríamos considerar una determinada región selvática, en donde la energía solar es retenida por fotosíntesis en las plantas verdes e incorporada en parte, por los antílopes y demás herbívoros que se alimentan de ellas. Una fracción de esta misma energía pasará a los carnívoros (leones, tigres, etc.), que se alimentan de herbívoros. Finalmente, las aves de rapiña que devorarán los restos de estos carnívoros y herbívoros están absorbiendo una parte de la energía que habían fijado inicialmente las plantas. Así pues, plantas, herbívoros, carnívoros y aves de rapiña, representan en este ejemplo distintos niveles de alimentación, niveles *tróficos*, entre los cuales existen relaciones de dependencia. Al respecto, muchos autores suelen utilizar el concepto de *cadena alimentarias* para designar a estas relaciones; sin embargo, el autor español Jaime Terradas utiliza con más propiedad el término de *red*, ya que son innumerables los organismos que toman alimentos de varios niveles distintos, especialmente los llamados *omnívoros*, como es el caso del hombre.

Existe además otro gran grupo de organismos consumidores, que no subsisten de otros seres vivos, su función es descomponer o transformar, por procesos enzimáticos externos, los restos orgánicos y luego absorber las sustancias necesarias para su alimentación; estos singulares consumidores (bacterias, hongos, etc.), han sido llamados *descomponedores*, *degradadores*, *transformadores* o *reductores*, a través de su acción, la materia orgánica se transforma hasta moléculas inorgánicas (figura 2.2).

Para entender la importante función de los *descomponedores*, cabe señalar que, a partir de los productores primarios, materia y energía circulan de un organismo a otro en forma de alimento. Así, los consumidores obtienen de los productores primarios o a través de otros consumidores, moléculas orgánicas con energía cuya utilización estará en función de las características bioquímicas del alimento y metabólicas del consumidor. A este respecto, el comportamiento de los descomponedores no tiene cambios esenciales del de los consumidores; en realidad, pueden ser considerados como un tipo particular de consumidores que, en vez de ingerir otros organismos vivos o partes de ellos y digerirlos, descomponen los restos orgánicos mediante una especie de digestión externa y absorben después las sustancias resultantes útiles para ellos.



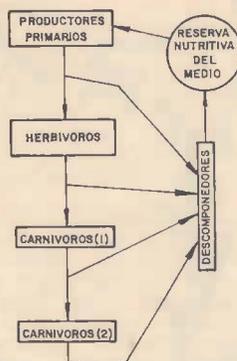
EJEMPLIFICACION DE UNA CADENA TROFICA

Figura 2.2

EL CICLO DE LA MATERIA

Con su acción los descomponedores realizan la labor de devolver al medio una serie de elementos nutritivos que de alguna forma habían sido incorporados a la materia viva por los autótrofos, para que una vez devueltos al medio original tales elementos, otros autótrofos posiblemente vuelvan a utilizarlos.

De esta manera, la utilización de los elementos químicos por la biósfera es cíclica. Desde luego, en este ciclo se producen pérdidas por múltiples causas, además, los ciclos no se desarrollan con velocidad uniforme, ya que algunas fases requieren más tiempo que otras (figura 2.3).



CICLO DE LA MATERIA

Figura 2.3

Es condición imprescindible para el mantenimiento de la vida, el funcionamiento cabal de las redes de los elementos esenciales en el ámbito de la biósfera, ya que no existen fuentes exteriores y, por lo mismo, no habría forma de compensar las pérdidas si éstas fuesen definitivas.

El hombre por su naturaleza, depende del medio, de los alimentos, de la humedad del aire, del clima y de otros factores importantes. Desde este punto de vista, forma parte de los ecosistemas. Sin embargo es el único ser en la naturaleza, capaz de actuar sobre las situaciones que ésta le plantea; por ejemplo: La realización de la Presa de Asuán, con fines benéficos de desarrollo agrícola mediante irrigación, en una longitud de 800 Km., del Valle del Nilo, e industrial, a través de la producción de energía eléctrica, ha provocado las siguientes repercusiones en el medio: con la irrigación, se ha logrado cambiar el antiguo sistema de un solo cultivo al año, por otro de cuatro cultivos anuales en rotación. Sin embargo, los canales de riego constituyen un lugar adecuado para el desarrollo de ciertos tipos de caracoles y con ellos del gusano platelminto-tremátodo, causante de una peligrosa enfermedad parasitaria, que produce enorme debilidad a las personas afectadas; mal que se ha llegado a presentar hasta en un 100% de los habitantes de algunas regiones.

Por otra parte las partículas útiles de diversos materiales, que en suspenso transporta el agua del río, ya no llegan al valle, sino que se depositan en el fondo del lago artificial, y de esta manera, desaparece la fertilización natural que enriquecía la zona del valle. Asimismo, po-

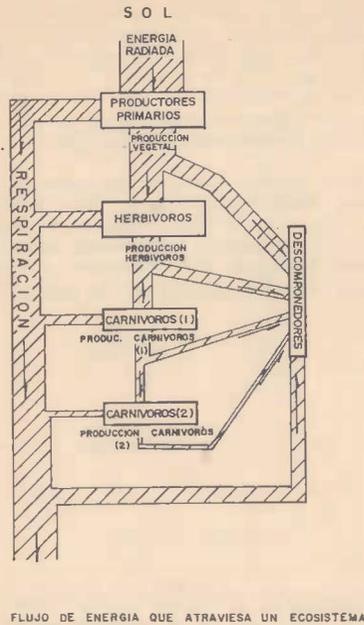
drían mencionarse otros problemas surgidos de esta obra, como son: el empobrecimiento del suelo debido a su degradación por excesiva explotación, considerable aumento de la salinidad del agua ocasionado por la alta evaporación favorecida en el vaso de la presa y además de que el cambio del régimen de flujo del Nilo ha afectado la circulación de las aguas hacia el Mar Mediterráneo rompiendo el equilibrio natural y reduciendo la producción de ciertas especies animales de origen lacustre que tradicionalmente eran fuentes de alimento en el lugar.

Como puede verse en este ejemplo, una obra de ingeniería concebida con fines benéficos, desafortunadamente, trae consigo siempre efectos colaterales, que en algunas ocasiones llegan a provocar daños cuantiosos en el medio. Todos estos problemas pueden ser aminorados, dependiendo desde luego, del conocimiento de las relaciones y funcionamiento del medio ambiente, así como del buen juicio de los proyectistas.

FLUJO DE ENERGIA

En los organismos toda actividad obliga a que cierta cantidad de energía química almacenada en los enlaces de determinadas moléculas orgánicas pase a otra forma de energía (calorífica, mecánica, etc.) que deja de ser utilizable por la biósfera. Los procesos por los que se lleva a cabo esta transformación, que permite a los seres vivos disponer de la energía necesaria a su mantenimiento y reproducción, constituyen la *respiración*.

Se puede decir que la totalidad de la energía que utilizan los organismos procede del Sol y es almacenada en forma química por las plantas; es evidente que a lo largo de las cadenas de alimentación va disminuyendo en cada nivel, por causa de las pérdidas respiratorias en niveles anteriores. Puede afirmarse entonces que en la biósfera existe un flujo unidireccional de energía (figura 2.4).



FLUJO DE ENERGÍA QUE ATRAVIESA UN ECOSISTEMA

Figura 2.4

BIOMASA Y PRODUCCION

Los ecosistemas no permanecen estáticos, todo lo contrario, experimentan cambios significativos y continuos en el transcurso del tiempo, tal como ocurre con los organismos que forman parte de él. A través de todo ecosistema fluye un ciclo cerrado de materia y un ciclo abierto de energía. Convencionalmente se ha aceptado reducir el ecosistema en estos dos ciclos.

A la materia de los organismos que constituyen los distintos niveles tróficos de un ecosistema se le denomina *biomasa*. La biomasa puede medirse por el peso de los organismos tal como se encuentran en la naturaleza: peso fresco; o por el peso de dichos organismos una vez eliminada

el agua que contienen: peso seco; por el peso del carbono que contienen, e incluso en calorías (esto condicionado por el conocimiento de la cantidad de energía química fijada en una unidad de masa de materia viva). Así pues las unidades en que se expresa la biomasa pueden ser: gr/ha, Kcal/ha o gr/cm².

Se denomina producción a la cantidad del flujo energético por unidad de área y por unidad de tiempo. Es frecuente medirle por la cantidad de materia que es soporte de dicha energía, de tal forma que la producción será la diferencia entre la biomasa existente en el tiempo t y la existente en el $t + 1$, o sea la biomasa producida por unidad de tiempo. Las unidades serán: gr/ha/año, Kcal/ha/año, etc..

Los ecosistemas en la naturaleza se encuentran comúnmente en equilibrio, de tal forma que cada nivel trófico explota al inmediatamente inferior, esto es, se alimenta de él, pero sucede de tal manera que el número de miembros de este último, no disminuye hasta desaparecer, sino más bien se mantiene en un número más o menos constante. En consecuencia, la biomasa que puede permanecer en un determinado nivel no depende de la biomasa del nivel anterior sino de la producción de éste. Jaime Terra dos expresa lo anterior en un esquema (ver figura 2.5).

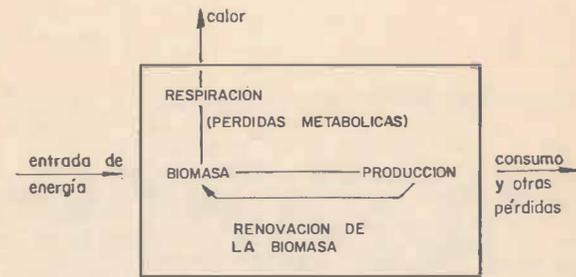


Figura 2.5

Es importante estar consciente de que, en cada ecosistema, la utilización de la energía estará determinada por las características de la red trófica.

EFICIENCIA

La progresiva reducción del flujo energético, desde los productores primarios hasta los últimos consumidores, se debe a que el alimento consumido en cada nivel no es transformado íntegramente en crecimiento, es decir, en producción de biomasa, sino que hay una importante disipación de

energía. Se acostumbra expresar la eficiencia de cada nivel como el porcentaje obtenido del cociente: crecimiento/alimento ingerido x 100. Se estima por ejemplo, que únicamente el 1% del total de la energía solar que llega a los vegetales, es utilizada en la fotosíntesis y queda disponible para otros organismos en forma de alimentos; en cambio, las transferencias de energía entre los productores primarios y herbívoros y, de manera general entre distintos niveles de consumidores, se realizan con una eficiencia mayor; así, en el ganado vacuno la eficiencia es del 5 al 7% y en algunos animales carnívoros alcanza hasta el 35%.

La eficiencia tiende a aumentar cuando se pasa a niveles tróficos cada vez más elevados. Sin embargo, en todos los casos, el paso de energía a través de los diversos puntos de las redes tróficas ocasiona pérdidas considerables que tienen amplia repercusión sobre la estructura de la biocenosis: *biomasa y producción se reducen al pasar de un nivel trófico a otro.*

FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS

Senet describe en forma resumida el funcionamiento de los ecosistemas de la siguiente manera: "en el exterior, una fuente de energía, representada por la radiación del Sol; en el interior, la biomasa, donde se llevan a cabo los fenómenos del metabolismo, al término de los cuales unos organismos nacen, otros mueren, unos se alimentan de otros formando cadenas alimentarias en un permanente y gigantesco *ciclo biológico*, en cuya salida, materias y formas de energía pasan de un estado biológico a otro. Este tipo de proceso principia con el ciclo de la energía solar, que es la verdadera fuente de energía del planeta. A partir de esa radiación solar, las plantas verdes pueden realizar el proceso de fotosíntesis, transformando la materia inerte en orgánica y liberando oxígeno, éste no sólo se origina de la vida (la mayor parte del oxígeno de la atmósfera es de origen biológico), sino que al mismo tiempo mantiene la vida.

Las plantas verdes y los detritus constituyen el alimento de los animales herbívoros y éstos, a su vez son presa de los animales carnívoros, formando así en conjunto gran número de cadenas alimentarias. Por último, los restos de dichos animales y la materia orgánica son transformadas por las bacterias, regenerando los elementos y sustancias minerales que volverán a las plantas verdes y harán posible la continuación del proceso de la fotosíntesis y del ciclo biológico global.

Este sistema de relaciones, en donde se efectúa el reciclaje de todos aquellos productos contenidos en la biósfera, tiene sin embargo una gran unidad y mantiene el denominado *equilibrio ecológico* sobre nuestro planeta.

Tratándose de un sistema autorregularizador, la biósfera tiende a la estabilidad, buscando conservar siempre sus rasgos esenciales para poder sobrevivir a los posibles cambios o alteraciones del medio ambiente. En tre estos rasgos figura el de constituir un sistema abierto, sometido a la acción de la energía solar, pero cerrado desde el punto de vista de la materia. De ahí la necesidad de reciclar los residuos y de utilizar los productos de desecho de un proceso como materia prima para el siguiente".

Hemos tratado, hasta ahora, de visualizar de una forma muy general las propiedades, características y funcionamiento de los ecosistemas. Consideración que, habrá de permitirnos realizar previsiones acerca de su comportamiento global. Tal será el caso por ejemplo, de la explotación de un determinado ecosistema por el hombre, que repercutirá necesariamente a una serie de características estructurales y funcionales del ecosistema.

HACIA UNA TEORIA ECOLOGICA

La evolución de la mayoría de las ciencias puede sintetizarse en cinco fases: *observación, medición, explicación, predicción y control*. Es obvio, que sin el cumplimiento de las últimas dos fases, no puede elaborarse un plan de acción con un margen razonable de confianza. Lamentablemente, es ésta la situación de la ecología en el momento actual. Se posee una considerable cantidad de observaciones, las mediciones son cada vez más precisas, y se van estableciendo leyes que explican varias relaciones, funcionamientos y fenómenos del medio ambiente; no obstante falta una comprensión global del conjunto. Por otro lado, el avance ha sido muy escaso en cuanto a la posibilidad de predecir, y más aún, de controlar los sucesos ecológicos.

Los avances más notables, en el sentido de fortalecer las bases teóricas de la ecología, ha sido el consenso paulatino que se ha originado al rededor del ecosistema como unidad conceptual y metodológica de sus estudios. El ecosistema forma un nivel de organización multi-individual y multi-específico que contempla la integración indisoluble de los componentes vivientes y no vivientes de una zona determinada, a través del flujo constante de energía y de materia que se establece por sus relaciones.

Por lo contrario de las descripciones tradicionales de los ecosistemas, que consideran normalmente una lista de especies más o menos incompleta y una apreciación cuantitativa más o menos exacta de la importancia relativa de tales especies, se ha tomado recientemente un enfoque diferente: en vez de intentar la descripción de una determinada comunidad, se ha recurrido al análisis de una serie de propiedades y características comunes en todos los ecosistemas (como inicialmente lo tratamos en este trabajo), buscando siempre estar dentro de esos aspectos generales.

Considerando que los individuos que forman una determinada población, pueden ser tratados como elementos equivalentes, indiferenciables entre sí, del mismo modo que entre las moléculas de un mismo gas o los átomos de un mismo elemento. Lo que interesará es el conocimiento de una serie de propiedades del conjunto de poblaciones que constituyen la comunidad.

Los investigadores de esta disciplina, a través de sus múltiples experiencias, han intentado tratamientos matemáticos, semejantes a los utilizados a los problemas en física, para estudiar el comportamiento de los ecosistemas. Se ha llegado a construir un modelo teórico del ecosistema en el que éste es descrito por un sistema de ecuaciones diferenciales (modelo de Lotra y Volterra), con base en las relaciones similares que expresan la ley de acción de las masas en física.

No entraremos en detalle al modelo matemático, pero sí es necesario indicar que la posibilidad de usar otras ciencias como fuentes de inspiración deriva, como indica Bertalanffy, de "la existencia en el mundo, es decir, en el conjunto de fenómenos observables, uniformidades estructurales que se manifiestan por rasgos isomórficos de orden en los diferentes niveles o reinos", lo que sostiene que haya "modelos, principios y leyes que se aplican a sistemas generalizados, con independencia de su naturaleza particular, del tipo de elementos que la forman y de las relaciones o fuerzas existentes entre dichos elementos".

Este autor propone, establecer la existencia de unos sistemas generalizados y estudiar los principios generales que rigen su comportamiento. O sea, elaborar una *Teoría General de Sistemas*. Para él un sistema es un conjunto de partes que interactúan, y puede ser siempre descrito por una serie de ecuaciones diferenciales simultáneas en las que la variación en un componente del sistema es función de todos los demás componentes. Con base en lo tratado en su trabajo, el ecosistema cae de lle no como caso particular de esta concepción general de sistema, lo cual permite aplicarle las consideraciones y consecuencias teóricas de su Teoría General de Sistemas.

Para los interesados en elaborar una Ecología teórica, han tenido un efecto importante las obras desarrolladas por Bertalanffy, lo que está, sin lugar a dudas, en relación con la atención cada vez mayor concedida al principio de *totalidad*. Esto es, considerar que el ecosistema no es una simple suma de los elementos bióticos y abióticos que lo componen, sino que posee atributos globales, no deducibles del comportamiento aislado de sus partes. Aún más, debido a la interacción entre todos sus elementos, los efectos de cualquier interferencia localizada tienden a ser generales (repercuten en todo el sistema).

CAPITULO 3

RECURSOS NATURALES

"Los ingenieros podemos seguir mejorando el país que tenemos si dejamos preparada, a las generaciones que vienen, una infraestructura de organización adecuada para que hagan frente al reto de solucionar las grandes necesidades del país

..... para ello es necesario que los futuros ingenieros tengan cultura, que conozcan su territorio; sepan dónde están las cosas, dónde viven, dónde se mueven y estén conscientes de los proyectos y la proyección que se puede esperar del país. Con todo esto y aprovechando debidamente los recursos naturales, seguramente se podrá hacer de México una gran nación, ¡porque tiene con qué serlo!".

Ing. Juan Puig de la Parra:

RECURSOS NATURALES

Se ha denominado, generalmente, recursos naturales a los elementos que constituyen la riqueza y/o la potencialidad productiva de una región o país. Son productos, materiales o fenómenos de orden físico, que pueden aprovecharse para satisfacer necesidades de la sociedad; incluyendo no sólo las vitales sino también las de carácter económico, las de conservación y mejora de la salud, la práctica de deportes, y el fomento del conocimiento de la propia naturaleza.

Los recursos naturales como agua, suelo, árboles, etc. pueden considerarse como aspectos aislados de la naturaleza, o bien, tomarse en su conjunto dentro de una relación compleja, tal es el caso de parques nacionales, reservas de caza, bellezas panorámicas, etc..

Los recursos naturales se presentan físicamente, en estado sólido, líquido o gaseoso, y no todos pueden considerarse tangibles, ni ubicados sobre la superficie de la Tierra, puesto que algunos llegan directamente del Sol, en forma de rayos o existen en el interior de la Tierra o en la atmósfera.

A continuación se describen los recursos naturales explotados, la manera en que el hombre los utiliza, los niveles de aprovechamiento y de existencia en nuestro país, así como la participación e importancia que tienen en su desarrollo socio-económico. Asimismo, se destacan algunas repercusiones de consideración sobre la explotación y uso inadecuado de estos recursos.

El objeto de su explotación reside en su valor: ser medios de subsistencia del hombre.

El hombre explota y utiliza tal riqueza natural en forma directa, ya sea para usarla conservando el mismo carácter con que la naturaleza la ofrece, o bien transformando parcial o completamente su calidad original y convirtiéndola en nuevas fuentes de energía, en subproductos o mercancías manufacturadas.

Por otra parte, algunos de los recursos naturales son o han sido explotados mientras otros no, lo que se justifica en razón de que los recursos sólo se usan cuando es necesario satisfacer necesidades y cuando el hombre cuenta con los medios técnicos y organizativos para ello.

Varios autores han clasificado a los recursos naturales en diferentes formas; sin embargo, la clasificación más aceptada y posiblemente más acertada es la siguiente: recursos inagotables, recursos renovables y recursos no renovables.

RECURSOS INAGOTABLES

Son aquéllos que se presentan en diferentes estados o manifestaciones y constituyen las riquezas permanentes de la Tierra.

Se puede decir que la existencia de estos recursos es ilimitada, y no se afectan sensiblemente con las acciones del hombre. El agua y el clima son los representantes más significativos de los recursos inagotables.

CLIMA.— Los climas incluyen diversos factores que constituyen en realidad tipos especiales de recursos y algunas veces se utilizan en forma específica, independientemente de los demás elementos que los acompañan; tal es el caso de los vientos y temperaturas, que actúan separadamente y en ocasiones conjuntamente. Ambos tienen relación directa con el agua, pues las temperaturas influyen a través de la evaporación en la disminución de los volúmenes de agua y más tarde en la formación de las nubes que ocasionan la lluvia en determinado territorio. A su vez, no es posible que las nubes se desplacen de un lado a otro, condensen su humedad y finalmente se precipiten, sin la acción directa de los vientos que se originan por diferencias de temperatura y presión en la atmósfera.

No existe en la superficie de la Tierra parte alguna donde la atmósfera no esté presente, y por lo tanto, donde no haya una combinación de factores de temperatura, humedad, presiones y vientos, que dan por consecuencia la sucesión de fenómenos de evaporación, erosión o transformación paulatina y violenta de los elementos (precipitaciones pluviales, ciclones, trombas, etc.).

De lo anterior, podemos definir al clima como el conjunto de los caracteres atmosféricos que distinguen una región.

Se consideran cinco grandes tipos de clima: tropicales, secos, templados, fríos y polares; los que a su vez se dividen en subtipos de acuerdo con los distintos regímenes pluviométricos.

Por su misma concepción, hablar de clima es hacerlo de precipitación pluvial y por tanto, de disponibilidad de agua; la interdependencia que tiene el clima no sólo con este recurso, sino con el suelo, la vegetación y la vida animal, permite inferir su aprovechamiento.

El clima afecta la vida diaria del hombre y su capacidad productiva hasta cierto punto, pero lo más importante consiste, en que el clima tiene una significación mayor en diversas actividades económicas de los propios grupos humanos, influyendo sobre todo en la agricultura, en la ganadería y en la explotación forestal.

De esta manera en la primera, hace posible el crecimiento de infinidad de plantas, cuyos tipos van de acuerdo al clima que les favorece o condiciona, ya que de lo contrario, un cambio imprevisto e intempestivo del mismo las dañaría sensiblemente, como se dan casos, afortunadamente no muy frecuentes, en que por este hecho, las cosechas se pierden o bajan considerablemente la cantidad y calidad del producto; en la ganadería, el clima permite la existencia de los pastos o forrajes en el suelo; en la explotación forestal, porque ésta es imposible sin las condiciones concretas de precipitación y temperaturas indispensables.

Asimismo, el clima influye o afecta en mayor o menor grado, directa o indirectamente a otro tipo de actividades: las propias industrias de transformación necesitan cada vez mayores volúmenes de agua, recurso que a su vez depende indirectamente de los fenómenos meteorológicos de carácter mundial o regional; en menor medida las lluvias influyen sobre el estado de las comunicaciones e indirectamente sobre el desarrollo del comercio.

De igual manera que el clima condiciona junto con el suelo la flora de una región, a su vez con ésta condiciona el habitat de la fauna silvestre tanto en tierra como en los cuerpos de agua.

Por lo que toca a las actividades humanas es lógico considerar la influencia de los fenómenos climáticos; en México las grandes concentraciones de población coinciden, en general, con las regiones de clima templado.

Se puede decir que en nuestro país se presentan la mayoría de climas que existen en el mundo, debido a que geográficamente está ubicado entre una zona templada y otra caliente. Estas zonas tienen como frontera al Trópico de Cáncer que atraviesa al territorio mexicano hacia su parte media.

Asimismo, la irregularidad en el suelo, la variada disposición de lastieres, los vientos imperantes, la precipitación pluvial, dan lugar a una diversidad de climas, lo que nos permite fijar los límites precisos de las regiones climáticas.

En la zona Norte, se presentan por lo general características semidesérticas, con grandes diferencias de temperatura y escasez de lluvia.

En la región del Golfo, existe una zona húmeda con lluvias regulares (1500 mm - 2500 mm), y otra, con temperaturas mayores a la anterior y lluvias menores (800 mm - 1500 mm).

La zona Pacífico, en su mayor parte es cálida, poco lluviosa en el norte, con aumentos de lluvias hacia el sur.

La zona Centro tiene una temperatura templada y regular, con algunas áreas tropicales en los estados de Jalisco y Michoacán (véase figura 3.1, pág. 47).

Se ha estimado que el promedio de lluvia general en el país alcanza 780 mm, lo cual es un índice bastante bajo, que sitúa al país en su conjunto en los límites de la agricultura de temporal con escaso rendimiento. Nuestra disponibilidad de lluvia, está por debajo, por ejemplo, de los 811 mm que se tienen en el conjunto del Globo, 1028 mm en Francia y 3792 mm en Java.

Mencionar un promedio para todo el territorio mexicano no tiene prácticamente utilidad alguna, ya que 16 estados del Este-Sureste y del Centro-Sur, muestran lluvias superiores a 800 mm, en tanto todos los del Norte, Noroeste, Noreste y Centro se encuentran incluso en promedio muy por debajo de ese nivel, lo cual permite insistir en la inseguridad de la agricultura temporalera o en la franca imposibilidad de obtener cosechas de ningún tipo sin riego artificial.

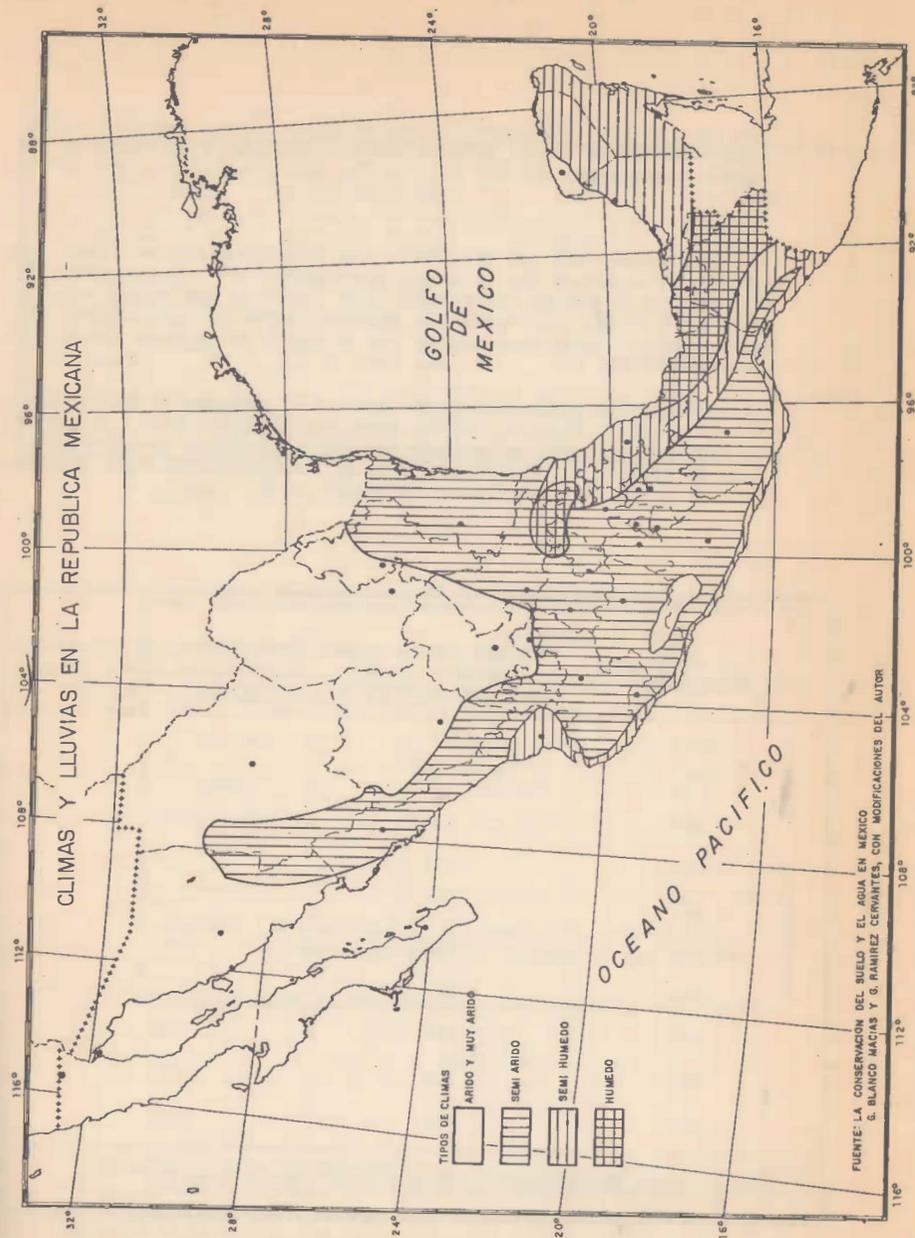


Figura 3.1

Son tan grandes las diferencias regionales en lluvia, que sólo seis estados: Tabasco, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Campeche y la Sierra de Chihuahua reciben cerca del 40% de todas las precipitaciones caídas en el país.

Por otra parte, dado que las lluvias son escasas en ciertas zonas, para combatir la sequía se han intentado experimentos para provocar lluvias, pero sólo se ha logrado hasta ahora hacer llover en cantidades reducidas y por corto tiempo. Se espera sin embargo, lograr en un futuro con técnicas mejores y económicas, acabar con la sequía en extensos territorios de la República.

Existen diversas estimaciones para mostrar el panorama climático mexicano, derivadas de cálculos como los presentados en el cuadro 3.1, pág. 48. Sin embargo, aquí sólo se muestran dos clasificaciones: la del cuadro 3.2, pág. 49 adoptada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, y la del cuadro 3.3, pág. 49 cuyas fuentes se anotan en los mismos.

LLUVIA MEDIA ANUAL EN MILIMETROS	AREA CON LLUVIA IGUAL O SUPERIOR A LA INDICADA EN LA COLUMNA (1)	PORCENTAJE DE LA SUPERFICIE NACIONAL CON LLUVIA IGUAL O SUPERIOR A LA INDICADA
(1)	(2)	(3)
Mm	Miles Km ²	%
4 000	2	0.1
3 000	11	0.6
2 000	57	2.9
1 000	454	23.1
717	824	41.9
500	1 124	57.2
400	1 348	68.7
300	1 671	85.0

Fuente: Geografía General de México, J. L. Tamayo, Tomo II

Cuadro 3.1

TIPOS DE CLIMA	LLUVIA MEDIA ANUAL	SUPERFICIE DE ZONA	
		Km ²	%
Aridos	Menos de 800 mm	1 025 000	52.1
Semiárido	800 - 1200 mm	600 800	30.6
Semihúmedo	1200 - 1500 mm	286 800	10.5
Húmedo	Más de 1500 mm	133 500	6.8

Fuente: Hidrología de las zonas áridas de México, A. García Quintero.

Cuadro 3.2

TIPOS DE CLIMA	SUPERFICIE DE ZONA	
	Km ²	%
Muy seco y seco	1 030 820	52.24
Semiseco	626 780	31.96
Húmedo	261 590	13.35
Muy húmedo	51 152	2.05

Fuente: La conservación del suelo y el agua en México, G. Blanco Macías y G. Ramírez Cervantes, 1966.

Cuadro 3.3

En relación al aprovechamiento de los recursos del clima, cabe señalar, que no han sido utilizados ni siquiera medianamente en aquellas regiones del país donde el clima es húmedo o semihúmedo, o sea, donde se ofrecen condiciones únicas para la agricultura de temporal, pues el recurso lluvia es abundante y se combina con temperaturas altas a través del año y ausencia de heladas.

En cualquier país del mundo el estudio de los climas es decisivo para su desarrollo, ya que en base al comportamiento de éstos en las distintas regiones, se podrán racionalmente desarrollar actividades económicas que en gran medida dependen de factores climáticos y de la disponibilidad de agua, como son los casos de la agricultura, la ganadería y la explotación forestal.

Un mal aprovechamiento de los recursos climáticos por su desconocimiento, daría lugar a que las iniciativas de producción emprendidas en diversos sectores como los antes mencionados, no lleguen a cumplirse tal y como se planearon, lo que ocasiona graves daños en la economía de los pueblos.

AGUA.- Este elemento es uno de los grandes recursos que ofrece la naturaleza y al mismo tiempo es indispensable para la vida del hombre y para la realización de sus actividades productivas. Tiene diferentes formas de presentación: en estado líquido en ríos, lagos, lagunas, corrientes subterráneas, océanos y precipitación pluvial; en estado sólido básicamente en témpanos, ya que en forma de granizo o nieve su estado es transitorio. Algunos investigadores estiman que la precipitación pluvial puede ser incluida tanto en los grupos de recursos de agua como en los de índole climática.

El agua tiene varias propiedades importantes, pero su particularidad de mayor interés reside en que forma parte sustancial de todos los organismos vivos, tanto animales como vegetales.

Son muchos y cada vez más complejos los usos que el hombre está dando a este elemento; complejidad que va de acuerdo con el adelanto de la técnica y el aumento de las necesidades. Las formas de utilización del agua van desde el riego agrícola y la producción de energía, al uso directo industrial y el consumo humano.

Se usa además, como fuente de alimentos por constituir el medio propicio para producir y desarrollar especies animales que pueden servir a la alimentación humana; en las comunicaciones por la navegación en océanos, ríos y lagos; como valor estético (fuentes, etc.); para la salud (aguas termales, medicinales y potables) y por interés deportivo.

El agua utilizada en el riego agrícola es indispensable para asegurar el abastecimiento de diversos tipos de alimentos. Por otro lado, grandes cantidades de agua se utilizan actualmente para generar energía a través de plantas hidroeléctricas, cumpliendo así con este propósito y en algunos casos con los de proveer volúmenes suficientes para riego.

El aprovechamiento del agua para usos domésticos e industriales es propio del sector urbano. Para el primer caso es necesario tratarla, ya que todas las fuentes poseen diversas características químico-biológicas, lo que conduce a buscar el grado de purificación adecuado o potabilización del agua. Para fines industriales se requiere también de agua con cierto grado de tratamiento, de acuerdo a su uso, y de volúmenes considerables de la misma, dependiendo del tipo de proceso de las diferentes plantas.

De esta manera, el agua es susceptible, previo tratamiento, de utilizarse en forma cíclica una o más veces. En cambio, el agua de riego se evapora en gran cantidad y el agua de retorno puede variar según las circunstancias de 20 a 60% del agua originalmente empleada.

El agua puede considerarse como riqueza permanente en tanto que su volumen general sobre el planeta es más o menos constante, gracias a que sufre un proceso conocido como "ciclo hidrológico" que comprende las fases de evaporación-condensación-lluvia-movimiento-evaporación.

Este ciclo, se lleva a cabo principalmente por efecto del calor del Sol, ya que el agua de los ríos, lagos, lagunas y mares se evapora y al llegar a un nivel de altura, por el cambio de temperatura se condensa formando nubes, de las cuales el agua se precipita en forma de lluvia (siempre que se cumplan ciertas condiciones físicas sobre la superficie terrestre) y se canaliza otra vez hacia los ríos, lagos, lagunas y mares.

Puede afirmarse que el agua es el elemento más abundante en la superficie de la Tierra, ya que los océanos cubren cerca de las tres cuartas partes de la misma. Además, depósitos y corrientes subterráneas vienen a aumentar su proporción. Y esta última crece, más aún, si consideramos el agua que forma parte de la composición de muchos cuerpos.

Según estudios realizados en nuestro país, por la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, la altura media anual de lluvia en México es de 780 mm, lo cual significa que el volumen de agua originado por la lluvia es de 1.53 billones de m³ (véase figura 3.2, pág. 52).

En los ríos que hay en nuestro país escurren aproximadamente 410,000 millones de m³ por año. Se ha estimado que existen 14,000 millones de m³ de agua en almacenamientos naturales (lagos y lagunas) y se han construido presas cuyos vasos permiten almacenar 124,700 millones de m³. Asimismo, se calcula que por evaporación de vasos y lagos existe un volumen medio anual de agua en ese estado, de 9,300 millones de m³.

Los estudios realizados sobre la existencia de aguas subterráneas en el país, abarcan el 65% del territorio nacional, al año 1981; en esa extensión se encontró que el volumen de recarga anual a los mantos subterráneos es de 17,400 millones de m³, más el volumen almacenado a través de los siglos en dichos mantos; por lo cual se podría extraer, en forma económica, para la agricultura, 110,000 millones de m³. En el cuadro 3.4, pág. 53 se indican las disponibilidades de agua en el país.

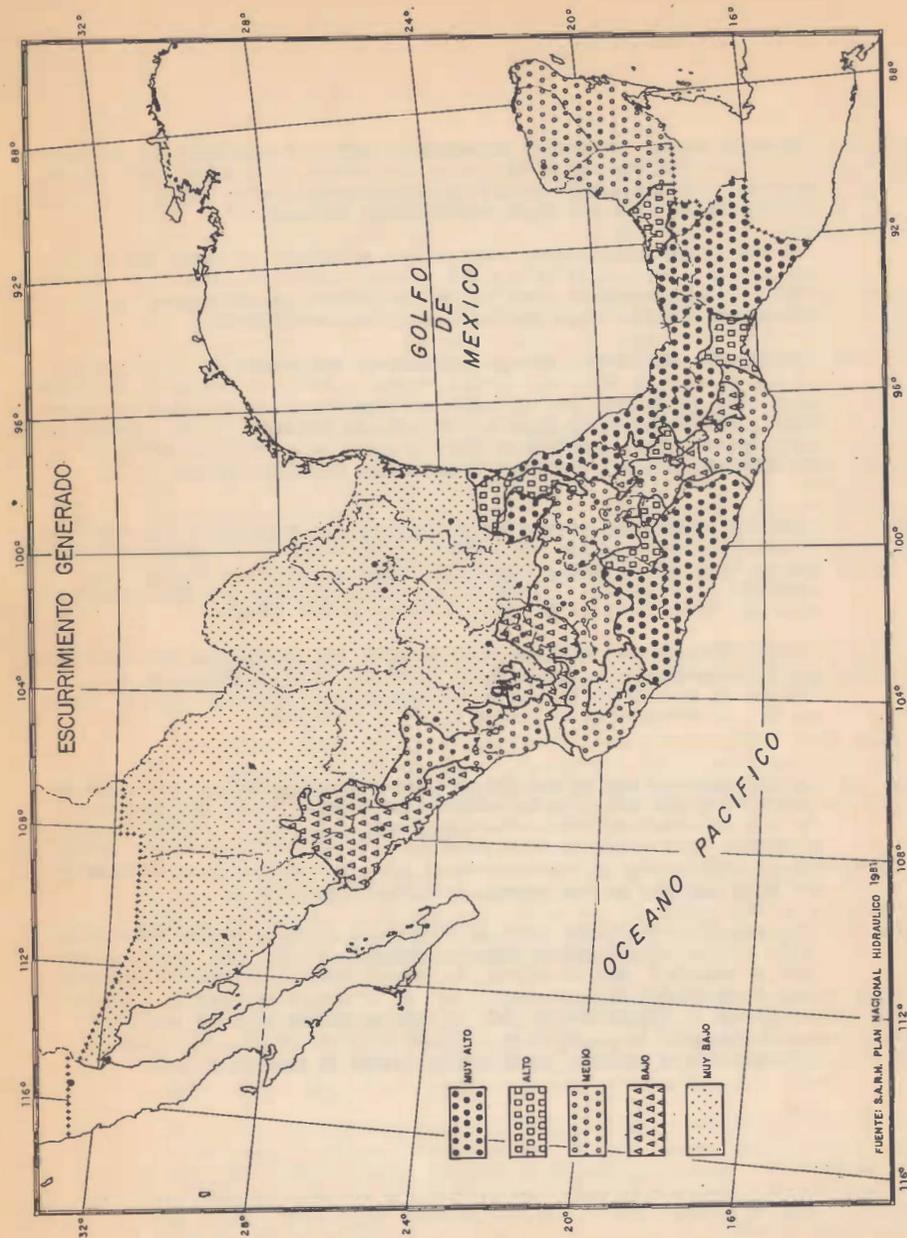


Figura 32

DISPONIBILIDADES DE AGUA EN MEXICO

Elementos del ciclo hidrológico	VOLUMEN (Miles de Millones de m ³)	
	Medio Anual	Almacenado
1. Agua atmosférica	Precipitación (lluvia) (renovable)	1,530
2. Agua superficial	Ríos	410
	<u>Almacenamiento</u>	
	Capacidad de lagos naturales	14
	Capacidad de vasos en operación y construcción	124.7
3. Agua subterránea.	Extracción permanente (renovable) en el 73% del país.	17.4
	Almacenamiento aprovechable para agricultura (no renovable) en el 57% del país, en profundidades hasta de 100 m.	110

Fuente: SARH, Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Plan Nacional Hidráulico, 1981.

Cuadro 3.4

El balance hidráulico de México de 1981, muestra por actividad la situación indicada en el cuadro 3.5 y en las figuras 3.3 y 3.4 se señala el comportamiento presentado y previsto al año 2000 al respecto. En éstos se ve la relación existente entre la extracción y el consumo, y se infiere, que el volumen de extracción en ese año equivalió al 38% de la disponibilidad potencial renovable y el consumo total sólo a un 10%; asimismo resalta el hecho, que la agricultura utilizó el 91% del consumo total del agua en el país.

BALANCE HIDRAULICO 1981 (millones de m ³)		
Actividad	Extracción	Consumo
Riego en agricultura %	45,953 29	37,968 91
Generación de energía %	99,875 64	75 0
Agua potable %	4,184 3	1,350 3
Industria %	5,802 4	2,279 6
Total %	155,814 100	41,672 100
Porcentaje con respecto a la disponibilidad potencial renovable.*	38	10

Fuente: SARH.- Plan Nacional Hidráulico 1981.

* La disponibilidad potencial renovable es de 410,000 millones de m³. Ecurrimiento fluvial = disponibilidad potencial renovable = escurrimiento superficial + flujo base. (1).

(1) Ecurrimiento superficial que proviene de la descarga de almacenamientos subterráneos.

Cuadro 3.5

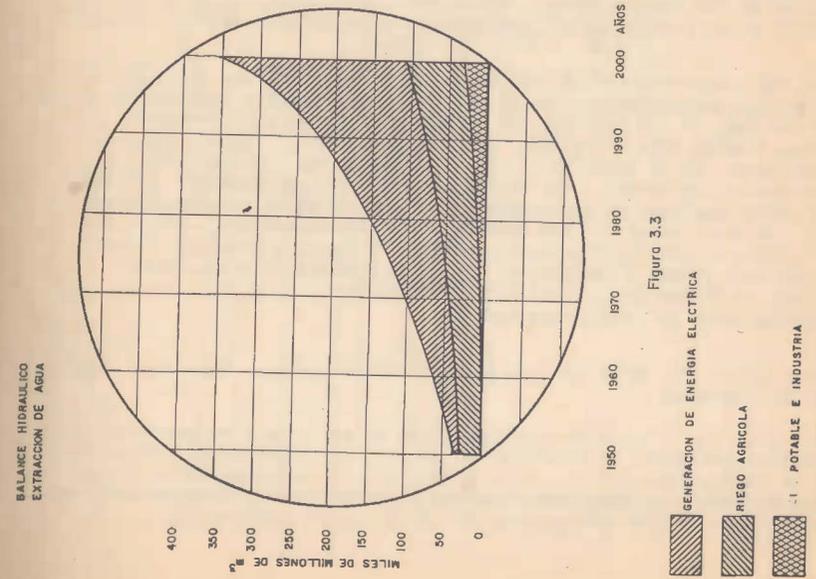


Figura 3.3

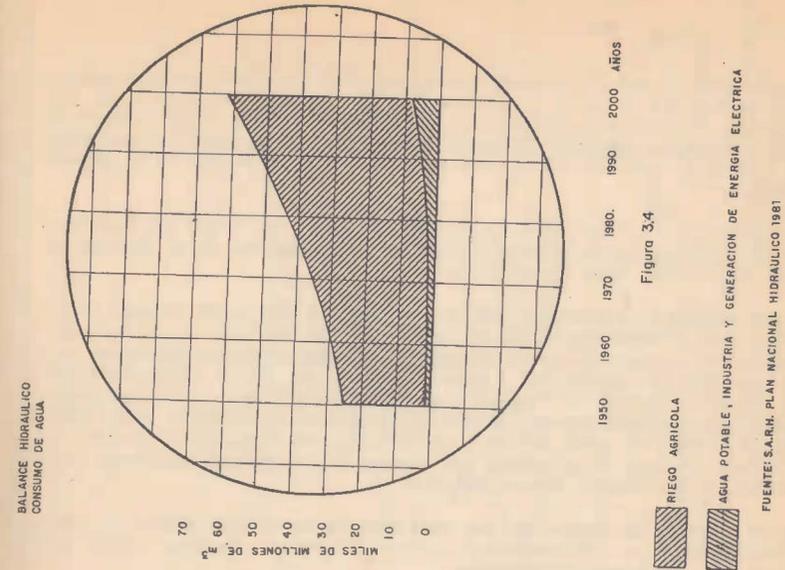


Figura 3.4

ESCURRIMIENTO DE LOS PRINCIPALES RIOS		
<u>Vertiente del Golfo</u>	<u>Escurrecimiento millones de m³</u>	<u>% del Total</u>
Bravo	5,810	1.6
Pánuco	17,300	4.7
Tecolutla	7,529	2.1
Papaloapan	30,175	8.3
Coatzacoalcos	22,395	6.1
Sistema Grijalva - Usumacinta	105,200	28.7
Tonalá	5,875	1.6
Otras menores	41,417	11.3
Sub-total	235,701	64.4
<u>Vertiente del Pacífico</u>		
Colorado	1,850	0.5
Yaqui	2,790	0.8
Fuerte	5,933	1.6
Culiacán	3,357	0.9
Lerma - Santiago	11,457	3.1
Ameca	3,599	1.0
Balsas	13,863	3.8
Papagayo	5,634	1.5
Ometepec	4,459	1.2
Verde	6,173	1.7
Otras menores	67,450	18.5
Sub-total	126,565	34.6
<u>Vertiente Interna</u>		
Río Nazas	1,302	0.4
Otras menores (incluyendo lagos y lagunas)	2,364	0.6
Sub-total	3,666	1.0
Total en el país	365,932 (1)	100.0
Fuente: Bassols B., Angel, Recursos Naturales de México. Editorial Nuestro Tiempo. México, 1976. Pág. 128. (1) La SARH estima 410,000 millones de m ³ .		

Cuadro 3.6

Ningún lago del país es de gran capacidad, no hay gran actividad económica de pesca y turismo en ellos. En la figura 3.6, pág. 60 aparece la localización de los principales lagos y lagunas en el territorio nacional, entre las que sobresalen por su magnitud, Chapala en Jalisco y Michoacán; Pátzcuaro, Cuitzeo y Zirahuen en Michoacán; Tamiahua y Catemaco en Veracruz.

Asimismo, en la figura 3.7, pág. 61 se muestra la localización de las principales presas del país, como la Angostura, Miguel Alemán y Chicoasén, las cuales tienen la finalidad de almacenar el agua para aprovecharla racionalmente en sus diversos usos: riego agrícola, generación de energía eléctrica y suministro de agua potable. Estas obras de ingeniería, en algunos casos, tienen también como objetivo el control de avenidas de los ríos y así evitar inundaciones que causan daños en las áreas rurales y urbanas.

En todo lo anterior resalta lo importante y fundamental que es el agua en la supervivencia de los pueblos, debido a que es soporte de la existencia misma de la vida y porque constituye un medio a través del cual el hombre genera satisfactores para sus múltiples necesidades.

Sin embargo, las numerosas industrias y grandes ciudades expulsan sus desperdicios (muchas veces con sustancias químicas) por diversos conductos como canales y ríos, con lo cual estas aguas resultan inservibles e incluso altamente dañinas para la salud y de difícil utilización en la agricultura.

El efecto de las contaminaciones sobre el agua es considerable, en algunos casos el poder autodepurador es grande, pero si las concentraciones de sustancias orgánicas y químicas exceden ciertos límites, las aguas no pueden regenerarse y de esta manera la vida desaparece y los ríos y lagos se transforman en cloacas abiertas.

Por esta razón es necesario tomar las medidas convenientes para proteger las fuentes naturales de este vital líquido, apoyándose en la tecnología moderna, la cual ha avanzado enormemente para combatir estos graves problemas. Puede decirse que no existe ningún tipo de aguas, sean salobres o fuertemente contaminadas, que no puedan ser depuradas y destinadas a las actividades productivas y consumo humano.



Figura 3.6



Figura 3.7

RECURSOS RENOVABLES

Los recursos renovables tienen una mayor y más estrecha vinculación entre sí; tal es el caso de los suelos, la flora y la fauna, que a su vez dependen significativamente de los factores climáticos e hidrológicos, entre otros.

A continuación se tratan los recursos renovables más importantes.

SUELOS.— De una manera muy general, la Tierra está formada por un *núcleo* que consta, de una parte central donde predominan los compuestos de hierro, cobalto y níquel, y de una capa fluida o magma que rodea a la *primera*.

La envoltura del núcleo lo constituye el *manto* y su composición no se conoce con certeza. A su vez, el manto descrito es envuelto por la *corteza terrestre*, cuya densidad de sus capas decrece a medida que se acercan a la superficie. Se considera el espesor de esta corteza entre los 35 y 56 km en las plataformas continentales y está constituida por grandes masas heterogéneas con depresiones ocupadas por mares y océanos.

Sobresaliendo a la corteza terrestre, se encuentra una capa mínima formada por la intemperización de las rocas debida a agentes físicos tales como el clima, el aire y el agua; así también por la descomposición química donde los principales agentes son el agua, el clima y la vegetación. A esta pequeña parte de la Tierra se le denomina *suelo*.

El suelo no constituye una masa homogénea, ya que presenta una serie de estratos con propiedades diferentes que reciben el nombre de *horizontes*. Al conjunto de éstos se le conoce como *perfil del suelo*. El horizonte superior de los suelos está formado por componentes cuyo origen es casi exclusivamente vegetal, sin embargo, a medida que penetramos en él, la cantidad de materia orgánica en los sucesivos horizontes disminuye hasta desaparecer, al tiempo que se modifican las características estructurales y de textura del suelo.

Ya que el origen de los suelos se debe a una gran diversidad de causas, no permiten obtener una descripción detallada y precisa de los mismos. El resultado de la conjunción de causas, es la gran variedad de tipos de suelos.

Asimismo los factores geográficos otorgan caracteres específicos distintos a suelos similares de uno y otro país, por lo que en general no se pueden comparar fácilmente, los suelos mexicanos con los de otros países.

Los tipos de suelos mexicanos son variados y puede decirse que incluyen prácticamente todos los grandes grupos existentes en el mundo. Los de principal interés son: grises y rojos desérticos, castaños, negros, pradera, renzina, rojos lateríticos, terra-rosa, gley y terrenos montañosos con pendientes de más de 25%.

Los suelos pueden ser fértiles o estériles, habitables o inhabitables. Los suelos fértiles son aquéllos que poseen buen clima, agua suficiente y una cubierta vegetal exuberante que los hace aptos para el uso y explotación por el hombre. La existencia de estos suelos es factor determinante en el bienestar de los pueblos. Por el contrario, los suelos estériles son aquéllos donde la carencia de buen clima y agua los hace inhóspitos, imposibles para su cultivo y por ello sin utilidad natural como es el caso de los desiertos. Por otro lado, hay suelos en los que abundan el agua y la vegetación, pero que también pueden no ser habitables para el hombre como es el caso de las selvas y los pantanos.

La importancia principal del suelo estriba en el aprovechamiento que el hombre hace de él, para producir sus alimentos mediante la actividad agrícola; la que depende además de los caracteres que presentan los climas y los recursos hidrológicos.

El suelo es el medio propicio para el desarrollo de una amplia variedad de procesos químico-biológicos, ya que las reacciones fundamentales de éstos contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas agrícolas, suministrando a las plantas los elementos esenciales para su crecimiento. O sea que la productividad de las tierras depende enormemente de la capacidad del suelo.

Se debe vincular el estudio de los suelos al análisis de los recursos climáticos e hidrológicos dada la participación que tienen en su formación, haciendo hincapié también en su relación con distintas asociaciones vegetales.

No obstante la importancia que tiene tal recurso, en nuestro país aún no se le conoce satisfactoriamente, a pesar de ser un país calificado todavía como agrícola. Fue hasta los años recientes, que se empezó a elaborar el levantamiento de un inventario nacional de suelos, en el que se basan ya trabajos de planificación agrícola, distribución de tierras, etc..

En tales estudios resaltan las siguientes características: los suelos de México presentan, por un lado, una enorme diversidad y, por otro, muestran también la existencia de grandes zonas con uniformidad edafológica. Estos caracteres son consecuencia obvia de la complicada estructura orgánica de la República que, a través de sus múltiples formas, determina la creación de innumerables subtipos y variedades intrazonales, regionales y micro-regionales de suelos, en tanto que el predominio de determinados tipos de clima y vegetación (áridos o tropicales), influyen también en la estructura de ellos.

La distribución geográfica general de los tipos de suelos mencionados se ajusta a lo siguiente: los suelos lateríticos, terra-rosa y toda la gama de suelos tropicales, se encuentran a lo largo de la zona tropical del país, en tanto que existen suelos podzólicos propios de regiones húmedas y frías. Los suelos negros, castaños, cafés y desérticos, se presentan en las llanuras áridas del norte y en las depresiones semisecas del país; y constituyen buena parte de los suelos más utilizados para fines agrícolas, mediante el sistema de riego. Los suelos azonales, pantanosos, como los de gley, se localizan en gran parte de Tabasco y Campeche. Las dunas, finalmente, sólo se encuentran en algunas regiones desérticas del norte y en lugares de escasa extensión, próximos a playas azotadas por vientos (véase figura 3.8, pág. 64).

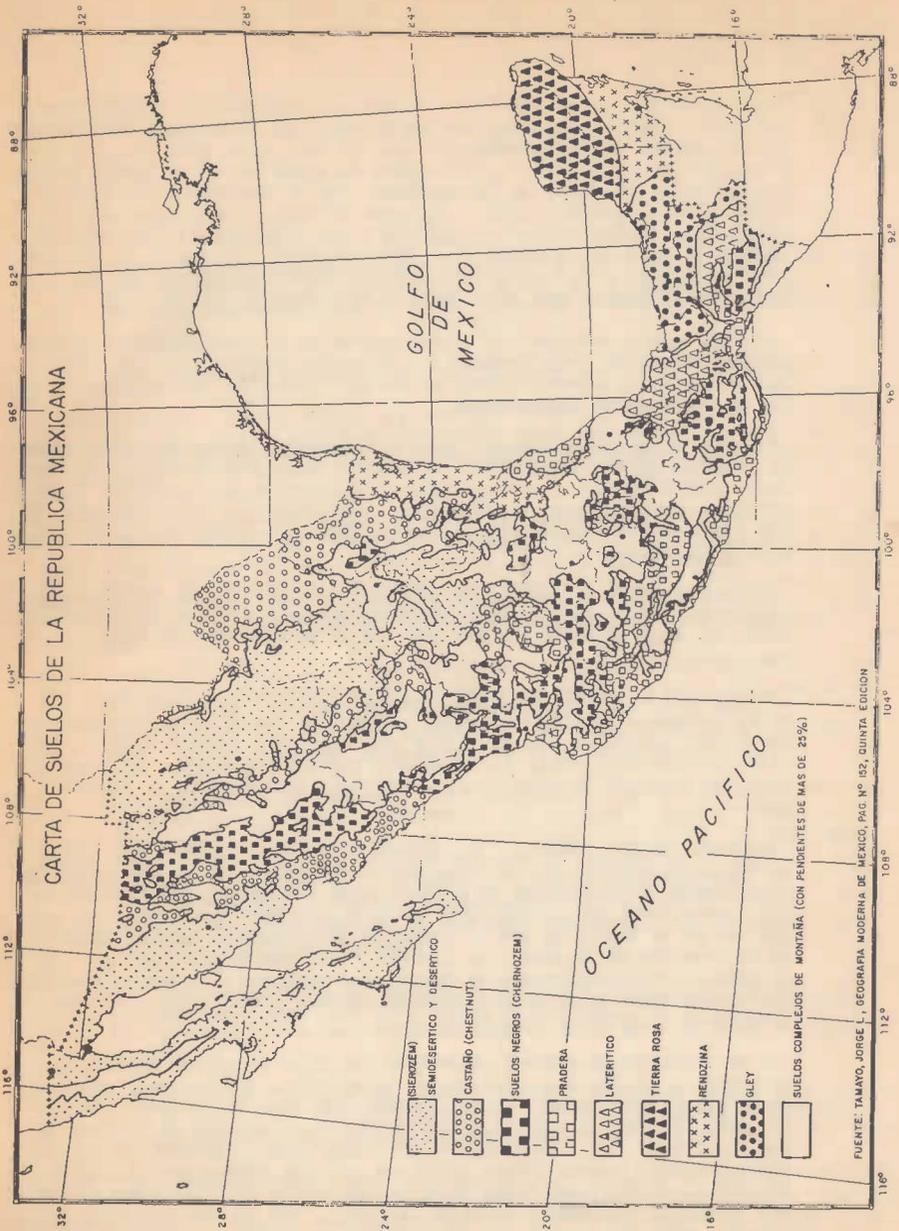


Figura 3.6

FUENTE: TAMAYO, JORGE. GEOGRAFIA MODERNA DE MEXICO, PAG. N° 152, QUINTA EDICION

Uno de los últimos informes sobre distribución de los suelos nacionales señala que la superficie arable en la República Mexicana consta de 1,385,198 km², equivalente al 70.7% de la superficie total del país, y que el resto de los suelos mexicanos (29.3%) son de los llamados cafés forestales y podzólicos, que son terrenos montañosos con pendientes superiores al 25%, es decir, con escaso o nulo potencial para la agricultura (véase cuadro 3.7).

TIPOS DE SUELOS DE QUE ESTA FORMADA LA SUPERFICIE ARABLE DE LA REPUBLICA MEXICANA			
PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS	MILLONES DE HECTAREAS	POR CIENTO CON RELACION A:	
		LA SUPERFICIE ARABLE	LA SUPERFICIE TOTAL DEL PAIS
Grises y rojos de sérticos (sierozem)	34.1	24.6	17.4
Castaños	32.5	23.5	16.6
Negros	30.0	21.7	15.3
Pradera	10.8	7.8	5.5
Rendzina	9.2	6.6	4.7
Rojos lateríticos	7.3	5.3	3.8
Terra-rosa	7.9	5.7	4.0
Gley	6.7	4.8	3.4
	138.5	100.0	70.7
Terrenos montañosos con pendientes de más de 25%	57.3		29.3
S U B T O T A L	195.8		100.0

Fuente: Bassols B., Angel, Recursos Naturales, (Climas, Aguas, Suelos). Los datos en km² se convirtieron a hectáreas.

Cuadro 3.7

Por otra parte, estudios tendientes a identificar el uso del suelo en México, realizados por la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, indican que el 18% de la superficie del país (355,085 km²) es susceptible de explotación agrícola; el 13%, de pastizales para alimentación de ganado y el 27% de bosques y selvas. En el cuadro 3.8, pág. 67 se dan las superficies equivalentes a estos porcentajes, y se especifica que los tres usos citados del suelo ocupan el 58% del territorio nacional, que equivale a 1,125,817 km². Los 259,381 km² que complementan el total de la superficie arable, la ocupan suelos de baja o nula productividad, como los desérticos y los de gley.

La superficie potencial susceptible de cultivo referida, incluye todas las condiciones de clima y consecuentemente, disponibilidades muy variadas de humedad para la obtención de cosechas. De esta superficie total cultivable, sólo se utilizan 18.3 millones de hectáreas (dato de 1981); lo que señala que hasta esa fecha había bajo cultivo un 51.5% del potencial. Considerando como tierras de labor las de temporal, las de riego y las de jugo o humedad. Las más abundantes son las de temporal, y en orden de importancia continúan, las de riego y las de humedad.

El riego juega en el uso agrícola de los suelos, un papel de primera importancia en los índices de producción y productividad agrícola, ya que en las zonas donde existe, las tierras pueden ser utilizadas ininterrumpidamente, lo que permite obtener mayores volúmenes de producción. En cambio las áreas de temporal, sólo son cultivables en la época de lluvias.

Las tierras de jugo o humedad son más propicias para la agricultura; por desgracia la zona de esta calidad de suelo sólo representa una mínima parte de las tierras cultivables.

Las estimaciones sobre tierras susceptibles de riego en México indican que se podrían regar poco más de 9 millones de hectáreas. Actualmente se irrigan 5.5 millones de hectáreas. El área cultivada de temporal son 12.8 millones de hectáreas.

La mayor porción de tierras laborables se encuentra en la Zona Centro y en la Zona Norte del país; de menor importancia son las Zonas del Pacífico y la Peninsular.

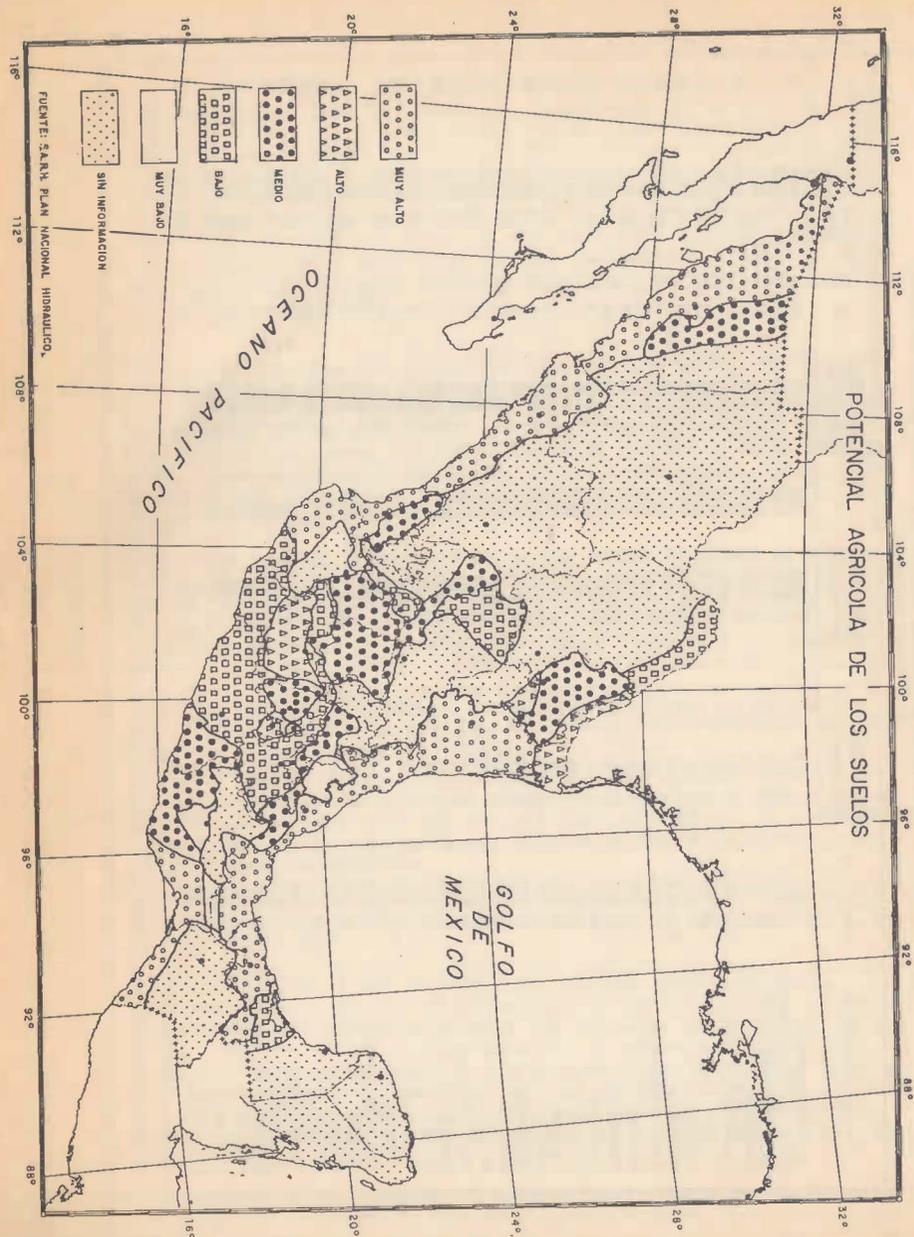
Alienta el hecho de que el país puede aumentar considerablemente sus áreas de riego, y con ello su producción, ya que la población depende en buena medida del suelo para producir sus alimentos y fibras para sus vestidos. Resalta aún más lo importante que es aprovechar adecuadamente los suelos, si pensamos que estamos ante un crecimiento demográfico acelerado y consecuentemente, demandando cada vez mayores volúmenes de productos agrícolas alimenticios, maderas para la construcción y otros usos, leña para combustible, y una gran variedad de materias primas para las industrias.

Lo anterior obliga a México y a otros países, a redoblar sus esfuerzos para explotar al máximo la capacidad potencial de sus suelos en el campo, ya que actualmente se realiza por debajo de ella, (véase figura 3.9, pág. 68).

USO DEL SUELO POR PRINCIPALES ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN CADA ENTIDAD FEDERATIVA (kilómetros cuadrados)

Entidad Federativa	Superficie	Agricultura de riego	Agricultura de temporal	Pastizales (Ganadería)	Bosques y Selvas (Forestal)
Agascalientes	5 471	436	1 749	979	249
Baja California Norte	69 921	2 098	3 051	6 668	9 315
Baja California Sur	73 475	574	4 191	11 413	8 168
Campeche	50 812	13	6 545	8 870	28 601
Coahuila	149 982	2 128	9 608	24 846	7 894
Colima	5 191	364	1 913	138	1 938
Chiapas	74 211	317	12 453	9 658	31 254
Chihuahua	244 938	2 097	25 903	47 457	67 650
Distrito Federal	1 479	83	444	41	356
Durango	123 181	2 081	21 898	10 620	41 224
Guanajuato	30 491	3 636	9 958	4 020	2 376
Guerrero	64 281	125	11 728	1 410	25 578
Hidalgo	20 813	685	7 748	827	6 491
Jalisco	80 836	1 707	23 704	4 464	23 635
México	21 355	977	10 689	1 052	5 062
Michoacán	59 928	2 931	18 229	4 018	18 363
Morelos	4 950	453	2 400	174	516
Nayarit	26 979	689	5 761	845	12 300
Nuevo León	64 924	1 058	9 703	4 478	8 803
Oaxaca	93 952	703	16 060	6 545	39 903
Puebla	33 902	1 089	2 687	1 387	8 489
Querétaro	11 449	452	2 584	891	2 556
Quintana Roo	50 212	387	1 352	6 912	34 600
San Luis Potosí	63 088	5 896	13 891	3 699	29 979
Sinaloa	58 328	6 667	15 078	515	27 565
Sonora	182 052	4 186	5 930	34 344	7 909
Tabasco	25 267	4 186	1 517	6 666	22 127
Tamaulipas	79 384	281	3 312	8 392	31 381
Tlaxcala	4 016	37	16 367	131	730
Veracruz	71 699	37	9 386	19 890	25 573
Yucatán	38 402	921	16 095	6 041	16 321
Zacatecas	73 252	43 202	311 883	8 345	8 264
T O T A L	1 958 201	43 202	311 883	246 726	524 006

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Plan Nacional Hidráulico, 1975.



Esto último implica el uso de tecnologías adecuadas que ayuden a mejorar el cultivo de las tierras y, en muchos casos, convertir en fértiles los suelos que se consideraban estériles.

El aprovechamiento adecuado del suelo para fines agrícolas, ganaderos y forestales en México, está afectado por innumerables factores humanos entre los que se encuentran los diferentes tipos de cultura, su grado de desarrollo y la civilización en general; así como también por factores físicos destacándose el área, el clima, la configuración del terreno, el agua, la cubierta vegetal, la fauna y los recursos minerales. Es indudable que el aprovechamiento no adecuado de los recursos naturales y en este caso el del suelo, perjudica nuestra economía.

Existen fenómenos físicos que actúan sobre los suelos destruyéndolos o empobreciéndolos en su proceso natural: como el carácter irregular de las lluvias, que se concentran con gran fuerza en períodos cortos; las variaciones de la temperatura del día y la noche en las zonas montañosas y desérticas; la influencia de los mares vecinos acelerando el ensalitramiento; el proceso de desertización, entre otros. Sin embargo, de mayor importancia en el país es el de la erosión de los suelos, que afecta, según estimaciones, el 72% de la superficie agrícola en diferentes grados.

La erosión de los suelos, proceso natural y universal, consiste principalmente en el arrastre de las partículas sólidas de la tierra de los sitios más altos del planeta a las partes más bajas, sobre todo cuando esas partículas son acarreadas por las aguas pluviales; el otro agente transportador de esas partículas sólidas de un lugar a otro de la tierra, es el viento. Este fenómeno desgasta los suelos al perder éstos ciertos elementos químicos como nitrógeno, fósforo y magnesio, esenciales para su fertilidad.

En condiciones naturales el fenómeno de erosión de los suelos es un proceso muy lento, y la naturaleza forma y repone, con el transcurso del tiempo, el volumen de tierra que ha sido transportado de un lugar a otro de la superficie terrestre, ya sea por el agua o por el aire. Ante este fenómeno, el hombre no puede hacer nada para eliminar sus causas y muy poco para enmendar sus efectos. Si se puede hacer mucho en cambio, en la erosión acelerada de los suelos propiciada por la interferencia del hombre al romper el equilibrio natural que guardan entre sí los recursos naturales renovables, cuando éstos se encuentran en su estado original de armoniosa interrelación.

Esa interferencia del hombre se manifiesta en la tala sin restricciones de los bosques, en el sobrepastoreo de los potreros, en el cultivo irracional de las tierras agrícolas, en la mala aplicación del agua de riego, así como en la invasión que indebidamente se hace sobre áreas forestales y de praderas que son destinadas por unos cuantos años a propósitos de cultivos de escarda. En nuestro país, lo accidentado de la orografía, y la severidad de las pendientes, contribuyen efectivamente a agravar el problema.

Los datos siguientes ponen de relieve la situación en que se encontraba en 1960 nuestro país, en materia de erosión de sus terrenos.

Terrenos no erosionados:.....	14 277 286 Ha.
Terrenos con erosión incipiente:.....	26 046 149 Ha.
Terrenos con erosión moderada:.....	20 518 890 Ha.
Terrenos con erosión acelerada:.....	63 077 812 Ha.
Terrenos totalmente erosionados:.....	11 596 806 Ha.
Terrenos cuya condición se desconoce:.....	51 072 057 Ha.
AREA DEL PAIS:.....	196 589 000 Ha.

Se consideran suelos con erosión incipiente a aquéllos que no han llegado a perder todavía el 25% de la capa arable original; los suelos moderadamente erosionados son los que han perdido ya del 25 al 50% de su capa arable; los suelos en erosión acelerada son los que han perdido del 50% al 75% de la capa arable; y por último, los suelos totalmente erosionados son aquéllos que han perdido del 75 al 100% de su capa arable, e inclusive el subsuelo y los horizontes inferiores están descubiertos y seriamente afectados por la erosión.

Los suelos que se han visto más lesionados por el proceso erosivo son aquéllos localizados en montes o cerros con fuerte pendiente, desforestados por concesionarios, empobrecidos por el sobrepastoreo o bien agotados por el cultivo del maíz, la deficiente técnica de riego y de cultivo.

Para controlar este fenómeno se llevan a la práctica los métodos modernos de conservación y recuperación de suelos, incluyendo el control de corrientes que provocan inundaciones, uso del sistema de drenaje y terrazas en los sitios donde es posible, rotación de cultivos, utilización racional de fertilizantes y siembra de pastos, control de prácticas de pastoreo excesivo en laderas montañosas, reglamentación estricta de bosques, introducción de métodos apropiados de cultivo e incremento de la técnica en general.

FLORA Y FAUNA TERRESTRES.- Al igual que los suelos, la flora y la fauna, tienen características particulares como consecuencia de la situación geográfica del territorio, de sus condiciones orográficas, climáticas, de suelos, agua e historia geológica.

La flora y la fauna forman con el clima, el agua y el suelo, ecosistemas, que pueden agruparse en cuatro grandes tipos: bosques, pastizal, desierto y tundra.

Los bosques son propios de comarcas húmedas. Aquellos que se presentan en climas fríos o de vegetación conífera se conocen también con el nombre

de taiga, y predominan en él, el pino y el abeto; y son habitados por venados, osos, ardillas, etc.. El bosque de clima templado presenta en general árboles de hojas caducas, como el encino, el roble, el castaño, el nogal y el fresno; y su fauna es muy similar a la encontrada en el bosque de clima frío. Por último, el bosque de clima cálido o selva, aloja mayor abundancia y variedad de poblaciones vegetales, en las que el cedro y la caoba son las que revisten mayor importancia; en él existen gran variedad de animales, desde insectos, numerosas aves, reptiles, carnívoros y hervíboros.

Los pastizales en cambio, son regiones herbáceas que existen en lugares con poca humedad. A los pastizales de zona templada se les conoce como estepas o praderas y a los de zona cálida y más humedad, sabanas. Estas y praderas alimentan rebaños de bovinos y de ganado lanar y caballar, que ocupan el lugar de las primitivas especies, ahora casi extinguidas. Como consecuencia de una estación lluviosa más definida, las sabanas son regiones en que la hierba crece a mayor altura que en las dos anteriores; y sólo en sabanas como la africana, existen aún cebras, jirafas, antílopes, etc.; ya que en las americanas, los animales silvestres han sido sustituidos por rebaños de especies domésticas, al igual que en las estepas y praderas.

En el desierto, por otra parte, la vegetación es escasa cuando la hay y de tipo xerófilo. En cuanto a animales predominan los roedores, reptiles, insectos y arácnidos.

La tundra es un ecosistema propio de las regiones de clima polar, que caracteriza a las comarcas que rodean los polos y que se encuentra también, en las porciones más elevadas de las altas montañas. Las únicas poblaciones vegetales existentes son musgos, líquenes y pequeños pinos. Cerca de los polos y en las costas, habitan osos blancos, focas y aves acuáticas migratorias.

Se puede decir, que con excepción de los pastizales sujetos a explotación con fines ganaderos, la vegetación forestal es espontánea y, la variedad y tipo de especies vegetales existentes en determinada región geográfica se explican por la interacción de todos los factores del medio natural.

De esta manera, debido a las características de nuestro país en este renglón, cobra gran importancia la amplia disponibilidad de sus recursos forestales.

Existen especies forestales maderables económicamente importantes como el cedro y la caoba y algunas otras no tan apreciadas como el pino, el abeto, etc., que son base primordial en la industria mueblera, fabricación de papel y en los procesos de construcción entre otros.

Asimismo, de otras especies forestales no maderables se obtienen productos como el chicle, resina, aguarrás, brea, hule y otros, sobresaliendo por su originalidad e importancia económica el chicozapote.

A pesar de la importancia potencial de los recursos forestales en México, actualmente su aprovechamiento resulta muy raquítico si se considera

que posee una superficie de 41.0 millones de hectáreas arboladas con una existencia maderable de 3201 millones de m³. (Véase cuadro 3.9).

DISTRIBUCION REGIONAL DE LAS AREAS ARBOLADAS DE MEXICO 1979		
	Superficie (hectáreas)	Existencias (m ³)
BOSQUES DE CLIMA TEMPLADO Y FRIO		
Sierra Madre Occidental	13 256 255	708 759 015
Sierra Neovolcánica	5 985 112	517 941 126
Sierra Madre del Sur	4 281 075	469 874 985
Sierra Madre Oriental	2 465 000	195 334 363
Sierra de Chiapas	1 419 475	126 857 400
Península de Baja California	348 800	19 668 971
SELVAS DE CLIMA TROPICAL Y SUBTROPICAL		
Sureste	8 855 183	932 174 545
Costa del Golfo	2 222 800	124 333 052
Costa del Pacífico	2 122 400	106 120 000
T O T A L	40 956 100	3 201 073 457

Fuente: CDIDS con datos de la Dirección General de Programación y - Evaluación Forestal. Subsecretaría Forestal SARH.

Cuadro 3.9

Por otra parte, si se considera que existe una reproducción anual tan solo de coníferas de 27.8 millones de m³ y que tan solo se produjeron 8.7 millones en 1983 con el total de las especies, esto significa que la producción fácilmente podría casi cuadruplicarse sin peligro de provocar una deforestación del país. En cambio Suecia y Finlandia con superficies forestales de 23 y 22 millones de hectáreas (equivalente a la mitad de lo que posee México), producían en el año de 1970, del orden de 59 y 45 millones de m³ de madera respectivamente. (Véase cuadro 3.10, pág. 73).

En cuanto a la industrialización del bosque, su importancia está en franca mejoría, ya que alrededor del 21% de la producción de 1983 estuvo constituida por productos de escuadría (tablas y tablones, durmientes, cajas y empaques, etc.), o sea productos de escasa elaboración, en tanto que el resto de la producción fueron productos de un mayor valor agregado y rentabilidad.

Sin embargo, en procesos de mayor transformación, la importancia de la producción forestal es relativa, especialmente en la fabricación de pastas mecánicas y fabricación de papel, cuya insuficiencia para la producción interna induce a realizar crecientes importaciones.

EXTENSION Y APROVECHAMIENTO FORESTAL DE MEXICO Y OTROS PAISES
1 9 7 0

LUGAR	PAISES	SUPERFICIE FORESTAL (MILLONES DE HAS.)	LUGAR	PAISES	PRODUCCION (MILLONES DE M ³ EN ROLLO)
	T O T A L	3 938		T O T A L	2 404
10.	URSS	738	10.	URSS	385
20.	Brasil	480	20.	EE.UU.	327
30.	Canadá	420	30.	China Continental	170
40.	EE.UU.	293	40.	Brasil	170
50.	Australia	207	50.	Canadá	121
60.	Rep. Dem. del Congo	129	60.	India	113
70.	Indonesia	121	70.	Indonesia	104
80.	China Continental	96	80.	Suecia	59
90.	Angola	72	90.	Nigeria	57
100.	Colombia	69	100.	Japón	49
110.	Perú	65	110.	Finlandia	45
120.	Rep. Africana Central	60	120.	Francia	34
130.	Argentina	60	130.	Filipinas	33
140.	India	57	140.	Tanzania	31
150.	Sudán	55	150.	Alemania Occidental	28
160.	Mozambique	50			
170.	Venezuela	48			
180.	Birmania	45			
190.	México	45 *	290.	México	7 *
	Suecia	23		Otros	671
	Finlandia	22			
	Otros	787			

Fuente: Elaborado por datos de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la F.A.O. (Food and Agriculture Organization, United Nations).
* Datos a 1974.

Cuadro 3.10

Lo anterior pone de manifiesto no sólo el poco avance en algunas fases de la industrialización, especialmente en productos cuya elaboración implica un mayor volumen agregado como la celulosa y el papel, sino que también explica el creciente déficit de la balanza comercial de productos forestales (véase cuadro 3.11).

BALANZA COMERCIAL 1980 - 1983				
VALOR EN MILES DE PESOS				
	1980	1981	1982	1983
Importación	7 320 095	13 990 279	15 413 664	32 191 373
Exportación	1 278 433	1 202 033	1 260 604	10 005 010
SALDO	-6 041 662	-12 788 246	-14 153 060	-22 186 363

Fuente: CNIDS con datos del Instituto Mexicano de Comercio Exterior y la Dirección General de Aduanas SHCP.

Cuadro 3.11

Si se compara la estructura productiva con el consumo interno, se observa que pese a contar con grandes extensiones de bosques y numerosas industrias, México no alcanza a producir lo que consume y casi en ningún renglón de productos maderables es autosuficiente (véase cuadro 3.12, pág. 75). Por ejemplo, mientras satisface el 98% del consumo interno de productos de escuadría, en celulosa cubre apenas el 45% de la demanda interna.

La distribución geográfica que guardan las vegetaciones forestales del país, se consideran en tres cubiertas haciendo una agrupación muy generalizada: la desértica, la tropical (clima cálido), y la de coníferas (clima frío). (Véase figura 3.10, pág. 76).

La vegetación forestal de tipo desértico ocupa las grandes zonas del norte del país, con escasa precipitación pluvial, desde San Luis Potosí hasta la frontera con los Estados Unidos. La vegetación tropical ocupa principalmente el Sureste de la República.

La vegetación de los bosques de coníferas es la que representa mayor importancia en el país debido a la superficie que ocupa, a su localización

con respecto a los centros de consumo y a su gran demanda en el mercado. Sobre esto cabe decir, que las últimas cifras muestran, que el patrimonio forestal está constituido por 40,956,100 hectáreas arboladas, de las que 27,755,717 corresponden a bosques de clima templado y frío (formados fundamentalmente el 72.4% por especies coníferas y por 27.6% de especies latifoliadas). Las 13,200,383 hectáreas restantes es superficie de clima tropical y subtropical (de las que el 82.3% corresponde a selvas medianas y el 17.7% a las selvas altas).

CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS MADERABLES 1980 - 1983				
volumen en miles de m ³ rollo				
	1980	1981	1982	1983*
PRODUCTOS CON ESCUADRÍA (1)				
Producción nacional	5 336	5 446	5 534	5 276
Consumo aparente	5 724	5 869	5 833	5 365
Relación producción/consumo	93.2%	92.8%	94.9%	98.3%
PRODUCTOS CELULOSICOS (3)				
Producción nacional	2 637	2 479	2 458	2 460
Consumo aparente	6 888	6 262	5 153	5 464
Relación producción/consumo	38.3%	39.6%	47.7%	45.0%
CHAPA Y TRIPLAY (1)				
Producción nacional	333	261	245	223
Consumo aparente	479	376	270	215
Relación producción/consumo	69.5%	69.4%	90.7%	103.7%
POSTES, PILOTES Y MORILLOS				
Producción nacional	237	192	205	228
Consumo aparente	269	200	216	228
Relación producción/consumo	88.1%	96.0%	94.9%	100.0%
LOS DEMAS (2)				
Producción nacional	19	22	35	1
Consumo aparente	15	14	59	- 139
Relación producción/consumo	126.7%	157.1%	59.3%	- 0.7%
TODA LA PRODUCCION INDUSTRIAL (2)				
Producción nacional	8 563	8 400	8 477	8 188
Consumo aparente	13 376	12 721	11 496	11 133
Relación producción/consumo	64.0%	66.0%	73.7%	73.5%

(1) incluye productos y materias primas para su elaboración.
 (2) no incluye combustibles.
 (3) incluye un porcentaje no determinado destinado a la fabricación de tableros aglomerados y de fibra.
 * información preliminar.
 Fuente: C.N.I.D.S. con datos de la Dirección General de Programación y Evaluación Forestal, Subsecretaría Forestal S.A.R.H. y la Dirección General de Aduanas S.H.C.P.

Cuadro 3.12

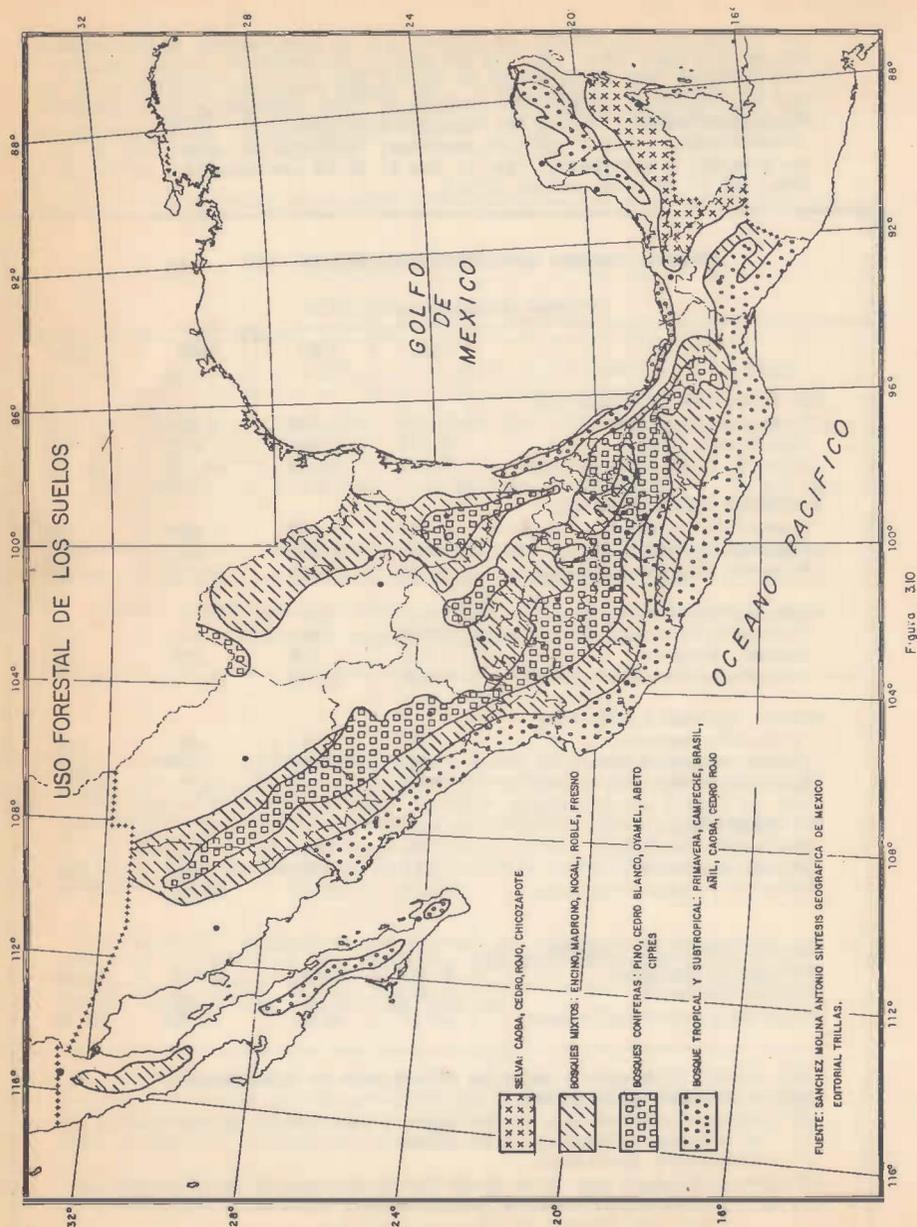


Figura 3.10

Sin embargo, como ya se hizo notar, no obstante la importancia potencial de los recursos forestales del país, su explotación tiene una mínima significación en la actividad económica de México, a causa de no haberse sostenido en años anteriores su crecimiento (véase cuadro 3.13).

CONTRIBUCION DE LA SILVICULTURA AL PRODUCTO INTERNO BRUTO

DE MEXICO

(MILLONES DE PESOS A PRECIOS DE 1970)

AÑOS	PRODUCTO INTERNO BRUTO TOTAL	PRODUCTO INTERNO BRUTO DE LA SILVICULTURA	PARTICIPACION EN %
1975	535 438	2 477	0.4
1976	635 831	2 526	0.4
1977	657 722	2 691	0.4
1978	711 983	2 812	0.4
1979	777 163	2 998	0.4
1980	841 855	3 063	0.4
1981	908 765	3 075	0.3
1982	903 839	3 077	0.3
1983*	861 765	3 092	0.3

* cifras preliminales

Fuente: CNIDS con datos del Banco de México

Cuadro 3.13

Así podríamos compararla en algunos períodos también para este fin con los diversos sectores de los cuales forma parte (véase cuadro 3.14).

TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DE LOS SECTORES AGROPECUARIO, SILVICOLA Y PESQUERO

(A PRECIOS DE 1970)

(%)

PERIODO CONCEPTO	1975 a 1976	1976 a 1977	1977 a 1978	1978 a 1979	1979 a 1980	1980 a 1981	1981 a 1982	1982 a 1983 (p)
Producto interno bruto	4.2	3.4	8.2	9.2	8.3	7.9	-0.5	-4.7
Sector agrope- cuario	1.0	7.5	6.0	-2.1	7.1	6.1	-0.6	3.4
Agricultura	-1.0	10.3	8.1	-5.9	10.0	8.0	-2.9	4.8
Ganadería	3.4	3.4	3.0	2.0	3.0	3.1	2.7	2.3
Silvicultura	2.0	6.5	4.5	6.6	2.2	0.4	0.1	0.5
Pesca	9.6	10.8	2.3	16.9	10.5	11.6	6.1	-5.2

p = preliminar

Fuente: Banco Nacional de Comercio Exterior, S.A.;
Banco de México, S.A., informe anual, 1983.

Cuadro 3.14



FACULTAD INGENIERIA

Tomando en consideración el nivel de aprovechamiento de los recursos forestales en relación a las existencias maderables, no se puede menos que afirmar que la imagen de la industria silvícola del país es la de una actividad que no ha utilizado satisfactoriamente sus recursos, los cuales explotados racionalmente pueden ser de gran significación, para la amplísima gama de valores agregados que ofrece a la economía.

El aprovechamiento adecuado de estos recursos, dependerá en gran medida, de encauzarlos a las necesidades inmediatas del país y de un estricto control a la tala immoderada de los bosques. Para esto, se requerirá de llevar a cabo acciones programadas de industrialización, corte y reforestación tendientes a buscar la autosuficiencia del país en los productos que demanda en este sector.

G1.- 908255

FLORA Y FAUNA ACUATICAS.- La flora y principalmente la fauna silvestres existentes en cuerpos de agua marinos, lacustres y estuarinos constituyen recursos de gran importancia para la humanidad, por ser una considerable fuente de alimentación y de aprovechamiento industrial o artesanal, debido a una gran variedad de especies en este ámbito.

En el mar como en los continentes, la cadena alimenticia comienza en los vegetales, que en su conjunto se les conoce como fitoplancton, del cual se alimentan organismos que a su vez son alimento de otros.

La producción de las pesquerías oceánicas tiende a un límite debido a que éstas se localizan en las plataformas continentales o en sus proximidades como consecuencia del aporte de nutrientes que esta zona recibe, esto no hace que grandes extensiones de los océanos carezcan de importancia en el proceso productivo de especies aprovechables por el hombre.

Algunas especies, de gran contenido proteínico y comercialmente importantes, de moluscos, crustáceos y peces, tienen como áreas de desove y crecimiento las aguas estuarinas que abarcan la transición entre el mar y continentes; estas aguas son salobres producto de la mezcla de agua de mar y de las corrientes continentales que les abastecen con abundantes nutrientes y, constituyen de esta manera magníficos criaderos de varias especies.

En México, se encuentran especies de clima frío y de clima templado, así como sedentarias y migratorias. Sin embargo, estos recursos marinos todavía presentan facetas poco conocidas, y se requiere aún de la realización de amplios estudios para formar un inventario más o menos completo, no sólo de las riquezas en aguas poco profundas o cercanas a la costa, sino de alta mar y de regiones hoy no frecuentadas por nuestras flotas pesqueras.

Se estima que las riquezas pesqueras del país se componen de más de 100 especies, de las cuales por lo menos 80 son de escama. En el Golfo de México y el Caribe, se extraen principalmente camarón, mero, corvina, parango, mojarra, jurel, pámpano, sierra, ronco, tiburón, lisa y robalo; en el Pacífico tienen importancia especial, el camarón, la langosta, el abulón, el atún y la sardina. Estas especies se explotan con fines alimenticios.

Asimismo, existen otras menos apreciadas y con un valor comercial muy bajo, que por sus características son catalogadas de uso industrial; tal es el caso de gran parte de la denominada fauna de acompañamiento del camarón (en su captura), que generalmente se reduce a harina de pescado. De la fauna marina, existen algunas especies vegetales que son aprovechadas para diferentes usos; como son algas y sargazos.

El destino de las especies marinas para consumo humano y uso industrial, depende básicamente de su alto valor proteínico y por tanto del valor comercial de las mismas.

Para consumo humano, las especies suelen presentarse en tres formas: en estado natural, con procesado básico (congeladas, enlatadas, etc.) y como productos derivados (aceites, salchichas, etc.); entre estas especies se encuentran principalmente el camarón, el abulón, la langosta, el calamar, la tortuga, el atún, la sardina, el guachinango, el mero, la sierra, el tiburón, la lisa, la mojarra y el ostión.

Existen especies en cambio, que por su calidad y valor son utilizadas en forma de harina, en el procesamiento de alimentos balanceados para animales, como es el caso de la sardina, la anchoveta y la fauna que acompaña al camarón en su captura; adicionalmente especies vegetales, como sargazos y algas, son aprovechadas industrialmente en la producción de sustancias: que conservan alimentos, para elaborar ácido algínico aplicable en fotografías y en los laboratorios como medio de cultivo. De esta manera, aunque muy general, puede apreciarse el potencial alimenticio y de uso industrial de los recursos marinos, que en apariencia es muy grande, pero en algunas zonas del planeta la exploración está llegando a sus límites, debido a las imperantes necesidades del hombre en la actualidad que han hecho prescindible llegar a la explotación de estos recursos.

En el uso que el hombre le da a la fauna y la flora acuáticas explotadas está la justificación de la actividad económica denominada pesca, siempre y cuando tales recursos del mar se exploten racionalmente; es decir, sin que se propicien desequilibrios biológicos que conduzcan al agotamiento de las especies.

Sin embargo en nuestro país esta actividad es relativamente nueva, si se toma en cuenta que apenas en la década de los años treinta se empezaron a utilizar tecnologías modernas para el aprovechamiento del camarón, y que sólo a partir de los años cincuenta las embarcaciones nacionales comenzaron a competir en alguna medida con los barcos extranjeros, principalmente norteamericanos y japoneses, que operaban cerca de los litorales del país.

Es a partir de la presente década, que el sector pesquero recibe realmente un importante impulso, ante la necesidad de aprovechar adecuadamente los recursos del mar para hacer frente al problema alimenticio nacional, el que ante las insuficientes cosechas de varios productos agrícolas fundamentales, plantea la necesidad de buscar diversas formas para cubrir el déficit de producción de alimentos.

Los recursos marinos de México representan un apreciable potencial para mejorar cuantitativa y cualitativamente la alimentación popular y la creación de nuevas industrias. La plataforma continental de México es favorable en cuanto a su amplitud, (387 mil km² a 100 brazas) y la nueva Zo-

na Económica Exclusiva, (2.9 millones de km²) poseen recursos que, aún sin estar cuantificados con toda precisión pueden considerarse abundantes y permiten emprender acciones para aumentar de manera sustancial la producción pesquera del país. En el cuadro 3.15, pág. 82, se muestran los niveles históricos de producción alcanzados en el país y las contribuciones en ello de las entidades federativas.

La representatividad de las especies en la producción pesquera en 1982 se aprecia en el cuadro 3.16, pág. 83.

Tradicionalmente la actividad pesquera ha descansado en un número reducido de recursos del mar, que pueden claramente ubicarse en dos rubros: los de exportación, entre los que destacan camarón, abulón, atún y langosta, que han representado alrededor del 45% en promedio, en los últimos años, del valor total de la producción pesquera; y los destinados al mercado interno, que forman el resto y que se usan para consumo humano o para su transformación industrial.

En 1982 únicamente siete de las 200 especies que se explotan comercialmente (atún, anchoveta, sardina, camarón, mojarra, ostión y tiburón) aportaron el 63.0% de la captura total y el 48.8% del valor. El camarón por sí solo representó el 37.3% del valor total de las capturas, lo que revela su alto valor comercial; además es la especie de mayor densidad económica. Asimismo se aprecia que la mayor parte de la producción incide sobre unas cuantas especies y debido a la demanda de alimentos, es menester que los esfuerzos pesqueros se orienten sostenidamente hacia la diversificación de las capturas. Actualmente, se realizan esfuerzos para utilizar técnicas adecuadas tanto en la captura como en la industrialización y comercialización; procurando así, el no seguir supeditando el desarrollo pesquero a un número muy reducido de especies.

Se estima que los recursos pesqueros del país racionalmente explotables son muchas veces superiores a los actuales montos de captura, y que la acuicultura (cultivo acuático de seres vivos) se encuentra poco explotada dado los 2.8 millones de hectáreas de aguas dulces y salobres disponibles y su producción obtenida en ese medio en 1982 fue de poco más de 75 mil ton.

El limitarse a la captura de unas cuantas especies ha sido hasta ahora, una de las causas principales por las cuales se desconoce el potencial pesquero del país; por tal razón coincide que las especies mayormente estudiadas sean aquéllas a las que se han dirigido los esfuerzos pesqueros: tunidos, camarón, sardina y anchoveta.

En el cuadro 3.17, pág. 84 se observa que la captura del camarón, la más importante del país, muestra posibilidades de expansión, así como la de la sardina, la anchoveta y los tunidos; y se puede impulsar la captura de otras especies subexplotadas o inexploradas.

Los rendimientos de algunas especies de las zonas costeras, de las lagunas y de los estuarios, como el abulón, el ostión, el callo de hacha, la langosta, robalo y tortugas marinas pueden aumentarse con base en áreas subexplotadas o bien mediante procesos acuaculturales.

VOLUMEN Y VALOR DE LA CAPTURA EN PESO COMERCIALIZADO, POR LITORAL Y ENTIDAD FEDERATIVA

ENTIDADES FEDERATIVAS	1980		1981		1982	
	TONELADAS	MILES DE PESOS	TONELADAS	MILES DE PESOS	TONELADAS	MILES DE PESOS
Baja California Nte. 1/	340 096	1 624 634	369 822	2 050 079	262 758	2 052 124
Baja California Sur 1/	84 877	977 194	85 081	1 524 090	67 574	1 585 782
Campeche	52 159	3 732 250	79 872	6 515 997	40 804	5 081 509
Coahuila	1 095	22 193	1 943	53 381	1 790	80 062
Colima	8 813	227 557	10 033	328 482	5 121	427 498
Chiapas	11 864	386 713	16 869	716 967	16 288	1 048 921
Chihuahua	333	7 077	818	19 442	708	27 422
Durango	1 152	17 039	2 545	72 107	1 319	41 917
Guanajuato	532	7 776	619	14 632	566	39 026
Guerrero	10 440	350 635	21 731	863 448	21 918	1 383 627
Jalisco	8 245	215 272	47 502	2 305 214	31 106	1 722 087
México	2 756	57 380	5 622	168 330	2 463	95 387
Michoacán	13 055	272 295	20 586	582 219	26 925	1 131 934
Nayarit	10 953	429 953	12 534	560 134	14 380	1 049 241
Oaxaca 1/	15 872	788 045	20 215	1 688 996	16 758	2 435 526
Puebla	623	10 423	747	17 182	1 027	42 603
Quintana Roo	3 547	281 295	7 491	647 056	3 967	695 561
San Luis Potosí	2 012	46 217	891	75 405	1 925	69 863
Sinaloa 1/	71 310	3 072 041	101 275	4 315 340	99 939	12 534 148
Sonora 1/	252 895	2 448 389	345 138	3 980 260	311 710	6 618 051
Tabasco	21 204	586 072	26 557	1 067 531	22 268	1 082 651
Tamaulipas	27 826	1 569 291	42 587	3 308 788	36 200	4 946 792
Veracruz 1/	69 200	1 799 060	82 324	3 863 539	131 419	9 042 567
Yucatán	29 309	740 265	32 812	973 961	31 829	1 737 860
TOTAL	1 040 168	19 669 366	1 335 614	35 712 580	1 150 762	54 972 159

1/ Incluye las capturas de las empresas de coinversión descargadas en esta entidad federativa.

Fuente: Secretaría de Pesca. Dirección General de Informática y Estadística.

VOLUMEN Y VALOR DE LA CAPTURA EN PESO COMERCIALIZADO, POR PRINCIPALES ESPECIES, EN 1982 (Toneladas y miles de pesos)					
ESPECIES	VOLUMEN	VALOR	ESPECIES	VOLUMEN	VALOR
<u>Total 1/</u>	<u>1 146 709</u>	<u>55 439 451</u>	<u>Macarela</u>	6 134	13 084
<u>Consumo Humano</u>			<u>Munja</u>	2 927	23 544
<u>directo</u>	664 949	54 539 283	<u>Merlin 2/</u>	1 774	60 201
Abujón	713	158 665	<u>Mero</u>	9 422	601 090
Almeja	7 395	261 711	<u>Mojarra</u>	73 133	2 855 781
Anchoveta	2 526	50 153	<u>Ortón</u>	31 660	1 203 027
Arín	22 997	-796 979	<u>Peto</u>	4 156	323 697
Bacalao	6 102	750 909	<u>Pierna</u>	4 409	457 348
Bagre	3 235	221 498	<u>Pulpo</u>	800	27 681
Bandera	1 184	36 819	<u>Robalo</u>	6 607	557 212
Bagueta	1 139	55 127	<u>Roncacho</u>	5 236	797 927
Barrilete	18 228	-578 071	<u>Ronco</u>	170	3 886
Barrigata	1 454	37 180	<u>Rubia o ra</u>	2 430	69 567
Bofo	385	17 574	<u>hirrubia</u>	1 803	84 098
Bonito	1 357	-26 638	<u>Sardina</u>	88 051	181 014
Botete	607	32 323	<u>Sierra</u>	11 967	827 018
Calamar	381	15 181	<u>Tiburón</u>	19 177	721 024
Camaron	52 539	20 664 028	<u>Tortuga</u>	2 697	694 974
Caracol	5 020	221 084	<u>Trucha</u>	1 760	127 318
Carrito	1 540	70 166	<u>Villajalpa</u>	1 653	41 324
Carpa	8 579	326 495	<u>Otras</u>	36 423	1 947 233
Cazón	12 580	566 923			
Cocinero	1 765	39 359			
Conejo	289	7 627			
Corvina	3 900	209 913	<u>Consumo Humano</u>	147 254	14 021 284
Charal	4 913	151 823	<u>indirecto</u>	453 332	581 931
Chihuil	744	15 308	<u>Anchoveta ind.</u>	1 711 908	229 959
Chopa	353	16 060	<u>Fauna de acampa</u>	8 644	9 850
Guanajuato	6 500	785 327	<u>faminto</u>		
Gurrubata	1 601	54 886	<u>Pescado no empá</u>		
Jarba	10 584	519 373	<u>cable</u>	11 535	13 055
Jurel	4 238	135 225	<u>Sardina ind.</u>	261 246	329 067
Langosta	2 323	704 762	<u>Iso Industrial</u>	28 428	298 237
Langostino	3 311	734 885	<u>Algas</u>	1 402	35 418
Lepranacha	2 756	115 240	<u>Moco</u>	180	3 661
Lenguado	1 047	46 050	<u>Sargazos de mar</u>	24 583	172 130
Lisa	764	33 403	<u>n/e</u>	2 263	87 028
Lucero	12 979	455 104	<u>Otras</u>		
	278	8 082			

1/ Incluye las capturas de las empresas de coinversión.

2/ Esta especie no obstante de estar reservada a la pesca deportiva aparece en este cuadro debido que es pesca incidental o pesca deportiva que se comercializó.

n/e = No especificado.

Fuente: Secretaría de Pesca. Dirección General de Informática y Estadística.

Cuadro 3.16

POTENCIAL DE CAPTURA DE LAS PESQUERIAS MEXICANAS (TONELADAS)	
ESPECIES	CAPTURA TOTAL SOSTENIBLE
Atún y similares	120,000
Sardina	180,000
Anchoveta	500,000
Camarón (1)	74,000
Pesquerías potenciales:	677,000
- Merluza	100,000
- Langostilla	250,000
- Calamar	100,000
- Fauna de acompañamiento del camarón	130,000 (2)
- Peces demersales (peces al arrastre)	50,000 (3)
- Peces pelagicos	35,000 (4)
- Bacalao	12,000

(1) El volumen de captura sostenible propuesto está dado en peso fresco entero (camarón con cabeza). Cuando la presentación es en peso desembarcado es camarón descabezado.

(2) Incluye 30,000 ton de fauna de acompañamiento para uso industrial.

(3) Se considera que el recurso pesquero asciende a unas 128,000 ton, en el litoral del Golfo, pero es conveniente proponer una meta de sólo 50,000 ton en virtud de que deben resolverse problemas tecnológicos de captura y los subsiguientes de comercialización.

(4) Se refiere a la captura que puede realizar México dentro de su Zona Económica Exclusiva, de un potencial total de 1.2 millones de toneladas para todo el Golfo de México.

Fuente: Dirección General de Informática y Estadística con base en información proporcionada por la Dirección General del Instituto Nacional de Pesca.

Cuadro 3.17

Por lo que toca a los cultivos de especies en aguas dulces, se tienen establecidos programas para alcanzar altos volúmenes de producción, en especies como trucha, charal, carpas, tilapia, mojarra, bagres, rana y tortuga.

Si bien los estudios sobre el potencial pesquero son muy necesarios para aprovechar racionalmente el recurso, no es indispensable contar con estudios detallados para iniciar la captura de dichas especies ya que estos procesos llevan mucho tiempo y porque el país tiene una gran necesidad de productos alimenticios, es por esto que las actividades de explotación e investigación se estén efectuando simultáneamente.

El ámbito de la acuicultura no tiene limitantes en cuanto a la magnitud de las poblaciones de las especies que existen actualmente, debido a las posibilidades de manejo y control de las mismas mediante la creación y adaptación artificial de habitats para ellas. A través de estudios recientes se ha estimado que se podrían obtener hasta 700 mil toneladas de diversas especies acuícolas.

En lo que se refiere a la flora marina se puede decir que este recurso se encuentra subexplotado en nuestro país, y que existe una incipiente investigación sobre su aprovechamiento, por lo que se tienen amplias posibilidades de incremento en su recolección.

Es evidente la relevante importancia del aprovechamiento de los recursos acuáticos, pues contribuye a mejorar los niveles nutricionales de la creciente población por su alto contenido proteínico, necesario para su correcto balance alimenticio. En nuestro país, el consumo directo aparente por persona de productos pesqueros fue de 7.7 kg durante 1983, que es bajo en comparación con países de larga tradición pesquera; lo que ha conducido a establecer acciones para tratar de alcanzar a corto plazo un mayor consumo per capita anual.

Asimismo, el aprovechamiento de estos recursos, tiene una considerable participación como actividad económica, ya que realiza aportaciones significativas al producto interno bruto y proporciona montos considerables de divisas. En los cuadros 3.18 y 3.19, págs. 86 y 87, se muestran cifras al respecto.

PARTICIPACION DEL SECTOR PRIMARIO Y LA ACTIVIDAD PESQUERA EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO (MILLONES DE PESOS DE 1970)					
Años	P. I. B.	Sector Primario	Participación del Sector Primario en el P. I. B.	Pesca	Participación del Sector Pesquero en el P. I. B.
1975	609 976	62 726	10.3	1 275	0.2
1976	635 831	63 359	10.0	1 397	0.2
1977	657 722	68 123	10.4	1 548	0.2
1978	711 983	72 200	10.1	1 583	0.2
1979	777 163	70 693	9.1	1 850	0.2
1980	841 855	75 704	9.0	20045	0.2
1981	908 765	80 299	8.8	2 283	0.3
1982	903 939	79 821	8.8	2 423	0.3
1983 ^p	861 769	82 552	9.6	2 298	0.3

p = preliminar
Fuente: Banco de México, S.A., 1983

Cuadro 3.18

BALANZA COMERCIAL DEL PAIS Y DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS 1977 a 1983 (Miles de pesos)						
BALANZA COMERCIAL DEL PAIS				BALANZA COMERCIAL DE PRODUCTOS PESQUEROS		
Año	Importación Total	Exportación Total	Saldo	Importación Total	Exportación Total	Saldo
1977	28 993 833	16 025 192	-12 968 641	230 634	8 685 907	8 455 273
1978	28 130 150	17 070 010	-11 060 140	561 125	10 580 593	10 019 468
1979	33 981 059	20 926 465	-13 054 594	802 816	11 583 998	10 781 182
1980	47 668 038	25 880 830	-21 787 208	835 355	11 960 630	11 125 275
1981	75 708 861	35 624 636	-40 084 225	900 126	13 406 646	12 506 520
1982	82 251 944	35 732 814	-46 519 130	1 387 713	24 152 418	22 764 705
1983*	90 988 941	51 087 502	-39 901 439	442 745	54 785 881	54 343 136

* Cifras preliminares.

Fuente: Dirección General de Estadística. Secretaría de Industria y Comercio.

Cuadro 3.19

RECURSOS NO RENOVABLES

Los recursos no renovables entre los que figuran las menas metálicas, los minerales no metálicos, así como los minerales energéticos, son quizá por su valor intrínseco, los que han impulsado a lo largo de la historia del hombre, a una persistente búsqueda de ellos y su posesión ha desencadenado, en un sinnúmero de ocasiones, despojos y enfrentamientos.

Desde su período más primitivo, la humanidad ha recurrido a los minerales, utilizándolos como elementos indispensables para sus diversas actividades, así de la Edad de Piedra a la de Cobre, de ésta a la del Bronce y a la del Hierro, la evolución de los hombres fue trazándose sobre la pauta suministrada por los avances en el aprovechamiento de los recursos naturales.

En la época de la conquista, los minerales más importantes eran los metales preciosos. Por ejemplo, el mayor atractivo que tuvieron los conquistadores españoles a su llegada a este continente, fue la abundancia real y supuesta de metales preciosos (oro y plata, principalmente). Esto los obligó a explorar grandes territorios, lo que trajo consigo el descubrimiento inmediato de importantes yacimientos de plata en Potosí, en la actual Bolivia, así como en regiones de Zacatecas y Guanajuato en México. Posteriormente, se descubrieron otros yacimientos de no menor importancia que aunados a los anteriores habrían de constituir por siglos la principal fuente de riqueza de España.

Los metales extraídos en los dominios coloniales estimularon ampliamente el desarrollo económico europeo y hasta puede decirse que lo hicieron posible. Se estima que la cantidad de plata transportada a España, que fue extraída de sus colonias en el nuevo continente en poco más de un siglo y medio, excedía tres veces el total de las reservas europeas; sin embargo, esta formidable contribución de América al progreso ajeno, no correspondió como podía esperarse a España, debido a las considerables deudas que este país tenía con otros países europeos, las cuales obligaron a canalizar la mayor parte de estos metales a los países acreedores.

Esta afanosa búsqueda de recursos naturales ha estado encaminada a la creación de satisfactores para el mayor confort, tanto individual como social. En muchas ocasiones esta búsqueda ha traspasado sus fronteras territoriales (y hasta su habitat) con el único fin de obtener la materia prima que, a través de su transformación, brindará los bienes necesarios para el desarrollo socio-económico de las comunidades.

Lamentablemente la distribución de estos recursos no está balanceada y mucho menos lo está, el desarrollo de los pueblos para hacer uso de los recursos. Algunas sociedades poseedoras de complejas tecnologías para la detección y transformación de dichos recursos, pero carentes de los minerales necesarios o siendo ávidas consumidoras, no satisfacen sus requerimientos con los recursos propios, perpetúan una sobreexplotación de ciertos recursos estratégicos en otras regiones del planeta.

Como la utilización y el valor de los recursos está en función de los conocimientos y habilidades del hombre para disponer de ellos y sobre todo, del momento histórico por el que atraviesa una sociedad; ciertos recursos sin valor para una región, son altamente cotizados por otras. Por ejemplo, durante mucho tiempo el carbón estuvo considerado como una roca sin valor hasta los siglos XVI y XVII. Los pozos petroleros de Birmania y Medio Oriente constituían en el siglo XVIII una simple curiosidad para otros países occidentales, que más tarde apoyarían significativamente, su economía y política en el petróleo. Con la Revolución Industrial en el siglo XVIII se inició un incesante proceso de explotación, cada vez más acelerado, de los recursos minerales de la Tierra. La bauxita no cobró importancia hasta este siglo en el que se pudo disponer de energía eléctrica a costo razonable para el refinado del mineral: el aluminio. El uranio apenas fue algo más que un simple elemento hasta antes de principios de siglo y en la actualidad representa la fuente potencial de energía más importante para el futuro inmediato.

Estos recursos naturales no renovables, materias primas, minerales y fuentes de energía, se clasifican en este documento en base a su importancia y aprovechamiento en las diversas industrias; de esta manera, podríamos agruparlos en: minerales metálicos (para las industrias: siderúrgica, de transformación, etc.), minerales no metálicos y minerales energéticos.

MINERALES METÁLICOS SIDERÚRGICOS.— Por ser elementos claves de la industria actual, el más importante de los minerales metálicos es el hierro, que junto con el carbón representa las materias primas indispensables de la industria siderúrgica. Ambos hacen posible las plantas de beneficio que proporcionan la variedad de productos del hierro y el acero que son, a su vez, materias primas para la fabricación de maquinaria y sus implementos, medios de transporte, herramientas y otros tipos de dispositivos útiles al hombre.

Hierro.— Este mineral se halla repartido y explotado en muy pocas regiones del mundo. Su extracción en los países industrializados es de larga tradición y sólo desde hace unos pocos años empieza a ser objeto de explotación por los países subdesarrollados. En la actualidad, las tres cuartas partes de la producción mundial se obtienen en la Unión Soviética, Europa Occidental y Estados Unidos, correspondiendo a los primeros las mayores reservas. Otros países productores importantes son Australia, Brasil y China.

En nuestro país desde principios de siglo comenzó a desarrollarse la industria siderúrgica que ha servido de base a las industrias de la construcción, automotriz y otras. En el año de 1903 se instala el primer alto horno en México, que lo fue también de Latinoamérica, al establecerse la Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey; posteriormente a ésta surge la empresa estatal Altos Hornos de México (AHMSA).

A partir de la Segunda Guerra Mundial, que presentó a esta industria condiciones favorables para su avance, hizo que surgiera un incremento en el número de altos hornos y consecuentemente en la producción de acero.

En la proporción mundial, la industria siderúrgica de México es de relativa importancia e indica un desarrollo de tipo medio; pero a nivel del ámbito de América Latina cobra significación junto al Brasil.

En la actualidad los proyectos más importantes del país en este renglón se desarrollan en Altamira, Tamaulipas y en Michoacán. En este último, el complejo industrial "Lázaro Cárdenas - Las Truchas" (SICARTSA), ubicado en el municipio de Melchor Ocampo, en la desembocadura del río Balsas, está todavía en proceso de construcción e instalación de equipos en algunas partes de sus plantas y en otras está ya produciendo significativos volúmenes de acero.

Con el establecimiento del Plan Nacional de Desarrollo Industrial, el cual señala la necesidad de coordinar las siderúrgicas de Estado, surge SIDERMEX que es la empresa que actualmente administra las siderúrgicas AHMSA, Fundidora de Monterrey y SICARTSA. El Grupo SIDERMEX actualmente produce el 55% del acero nacional, con una capacidad instalada de 5.7 millones de toneladas de acero líquido.

Sin embargo, la evaluación de las reservas (3.8 millones de ton.) probadas de mineral de hierro dadas a conocer en 1983, permite afirmar que el país cuenta con un volumen aproximado de 647.4 millones de toneladas métricas; que sólo abastecerán al sector siderúrgico del país, en los próximos 16 ó 18 años, de acuerdo con el crecimiento anual de 11.3% previsto para este período. O sea que las reservas actuales se agotarán alrededor del año 2 000. Lo anterior nos muestra, que existe un desequilibrio entre nuestras reservas y las necesidades derivadas de ambiciosos planes de expansión existentes en la industria del acero en nuestro país; además, esta cifra se compara desfavorablemente con las reservas de otros países productores. Ante este panorama poco halagador, urge intensificar las actividades de exploración para que en lo posible se siga conservando, por lo menos, el actual horizonte de reservas, si ha de servirse adecuadamente la demanda prevista por el Plan de Desarrollo de la Industria Siderúrgica Nacional.

Este horizonte de reservas, será difícil mantenerlo por mucho tiempo a pesar de los múltiples esfuerzos que pueden realizarse, debido a la misma limitante del recurso; ya que en base en la información actual disponible, las perspectivas de encontrar nuevos yacimientos importantes no son muy alentadoras; algunos de los pronósticos que se presentan con más frecuencia, sitúan la cifra del volumen adicional de reservas obtenibles, alrededor de los 200 millones de toneladas métricas de unidades de hierro.

Carbón Mineral.- La existencia de yacimientos de carbón fue un factor determinante de los orígenes de las grandes regiones industriales de hoy. Pero la sola presencia de minas de carbón no conduce el establecimiento de la industrialización. Esta implica además recursos financieros, grandes inversiones y una adecuada organización. Tales concentraciones industriales, ligadas a la explotación de la hulla, se desarrollaron con mayor amplitud en el Continente Europeo; la cuenca de Ruhr en Alemania, en Bélgica, en el norte de Francia y en algunas regiones de Inglaterra, sólo para mencionar algunas.

En la actualidad la producción de carbón se concentra en tres grandes países: Estados Unidos, Unión Soviética y República Popular China, los cuales extraen más de la mitad de la producción mundial.

Los recursos de carbón en nuestro país se estiman actualmente en 2 615 millones de toneladas, mientras que las reservas técnicas y económicamente recuperables son del orden de 1 409 millones de toneladas, lo que representa el 53% aproximadamente del total de los recursos potenciales. De esto se desprende, que México dispone de suficiente carbón y por lo tanto es capaz de satisfacer sus necesidades futuras, en aproximadamente 70 años. No obstante a pesar de ello, durante 1983 la producción de carbón mineral no fue suficiente para servir la demanda.

Mineral de Manganeseo.- Este importante mineral de la industria siderúrgica tiene sus principales reservas probadas en la Unión Soviética y en Sudáfrica, 954 y 874 millones de toneladas métricas de contenido metálico respectivamente. Asimismo, se encuentra en estos dos países las mayores reservas probables del mundo, que se calculan en más de 5 500 millones de toneladas métricas.

Nuestro país cuenta en la actualidad, con 12.6 millones de toneladas métricas de reserva probadas y 225 millones de toneladas métricas de reservas probables, que los colocan como poseedor del octavo lugar entre los países con yacimientos conocidos de mineral de manganeseo y le permiten soportar los niveles de producción actuales y previsibles. En 1983, la producción en México fue de 335 mil toneladas métricas brutas de manganeseo.

A pesar de que el país cuenta actualmente con reservas de los minerales descritos para satisfacer las necesidades actuales de la industria siderúrgica, en ocasiones se ha limitado la producción de acero a falta de materia prima por problemas de transporte del mineral hacia las diversas plantas productoras. Por otra parte, a partir de 1982, la capacidad instalada de la industria ha estado subutilizada, por la baja de la demanda de productos siderúrgicos ante la situación económica del país. La capacidad instalada actual de producción de acero es de aproximadamente 10.7 millones, y se considera que con la recuperación esperada de la economía nacional, en 1987 se llegará a la meta de producir 11 millones de toneladas de acero. Actualmente se producen 6.9 millones de toneladas.

METALES Y MINERALES NO FERROSOS PARA LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION.- Si bien, el carbón y el hierro que constituyen la base de la industrialización tradicional, tienen sus centros principales de producción y los mayores recursos mundiales precisamente en los países más desarrollados, esto no ocurre con los metales no férreos y las fuentes de energía como gas y petróleo.

En lo que toca a los minerales industriales no férreos, como son: plomo, zinc, cobre, etc., su demanda ha seguido el mismo comportamiento que la expansión industrial, ya que ésta ha estimulado un incremento en su producción.

En conjunto, 20% de la población mundial (Estados Unidos, Canadá, Europa Occidental y Japón) consume más de dos tercios de la producción minera de la Tierra, mientras un 50% (América Latina, África y Asia, excepto China) solamente consume un 6% (véase cuadro 3.20, pág. 92').

Cobre.- Se consume alrededor de la mitad de la producción mundial en el Continente Europeo; sin embargo, Francia, Alemania, Gran Bretaña, etc., que representan a los grandes consumidores, no producen este metal, y el que abastecen países de esta área es mínimo respecto a las necesidades europeas. Por otro lado, la Unión Soviética constituye, al mismo tiempo, gran productor y consumidor de cobre, así como los

Estados Unidos, que es autosuficiente y utiliza la producción de Latinoamérica para regular la oferta en situaciones de especulación de este producto. Así también junto a esas potencias, son productores importantes países en desarrollo como: Chile, Zaire, Zambia, Filipinas y Perú. La característica distintiva de la explotación de este metal es que se encuentra bajo el control financiero de compañías multinacionales, que de hecho, establecen un pleno dominio del mercado internacional.

PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES Y CONSUMIDORES DE MATERIAS PRIMAS MINERALES							
RECURSOS NATURALES	NACIONES O REGIONES QUE POSEEN LAS MAYORES RESERVAS	%	PRINCIPALES PRODUCTORES DE LA PRODUCCION MUNDIAL	%	PRINCIPALES CONSUMIDORES DEL CONSUMO MUNDIAL	%	CONSUMO EN E. U. DEL CONSUMO MUNDIAL (%)
Aluminio	Australia	33	Jamaica	19	Estados Unidos	42	42
	Guinea	20	Surinam	12	Unión Soviética	12	
	Jamaica	10					
Carbón	Estados Unidos	32	Unión Soviética	20			44
	Unión Soviética y China	53	Estados Unidos	13			
Zinc	Estados Unidos	20*	Canadá	18*	Estados Unidos	26	26
	Canadá	10*	Unión Soviética	11	Japón	13	
			Estados Unidos	4.5*	Unión Soviética	11	
Cobalto	Zaire	31	Zaire	51			32
	Zambia	16					
Cobre	Estados Unidos	18.6	Estados Unidos	19.2*	Estados Unidos	33	33
	Unión Soviética	0.7	Unión Soviética	11.2*	Unión Soviética	13	
	Zambia	4.8	Zambia	7.9*	Japón	11	
Cromo	Rep. Sudafricana	75	Unión Soviética	30			
			Turquía	10			
Estaño	Tailandia	33	Malasia	41	Estados Unidos	24	24
	Malasia	14	Bolivia	16	Japón	14	
			Tailandia	13			
Gas Natural	Estados Unidos	25	Estados Unidos	58			63
	Unión Soviética	13	Unión Soviética	18			
Hierro	Unión Soviética	33	Unión Soviética	25	Estados Unidos	28	28
	América del Sur	18	Estados Unidos	14	Unión Soviética	24	
	Canadá	14			Rep. Fed. Alemana	7	
Manganeso	Rep. Sudafricana	38	Unión Soviética	34			14
	Unión Soviética	25	Brasil	13			
			Rep. Sudafricana	13			
Mercurio	España	34.8	España	20*			24
	Italia	21	Italia	22			
			Unión Soviética	18			
Molibdeno	Estados Unidos	58	Estados Unidos	64			40
	Unión Soviética	20	Canadá	14			
Níquel	Cuba	25	Canadá	42			38
	Nueva Caledonia	22	Nueva Caledonia	28			
	Unión Soviética	14	Unión Soviética	16			
	Canadá	14					
Oro	Rep. Sudafricana	42.4*	Rep. Sudafricana	57.2			26
			Canadá	6			
Petróleo	Arabia Saudita	17	Estados Unidos	23	Estados Unidos	33	33
	Kuwait	15	Unión Soviética	16	Unión Soviética	12	
					Japón	6	
Plata	Faena Socialistas	36*	Canadá	11.7*	Estados Unidos	26	26
	Estados Unidos	24.8*	México	14.4*	Rep. Fed. Alemana	11	
	México	15.6*	Perú	11.6*			
Platino	Rep. Sudafricana	47	Unión Soviética	59			31
	Unión Soviética	47					
Plomo	Estados Unidos	26.8*	Unión Soviética	13	Estados Unidos	25	25
	Australia	14.0*	Australia	12*	Unión Soviética	13	
	Canadá	12.7*	Canadá	9.9*	Rep. Fed. Alemana	11	
Tungsteno	China	73.0	China	25			22
			Unión Soviética	19			
			Estados Unidos	6.2*			

* Datos actualizados a 1979, obtenidos de: La Minería en México. Secretaría de Programación y Presupuesto y Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.

Fuente: La Crisis Mundial de la Energía. Editorial Alianza. Madrid 1974.

Cuadro 3.20

En México, la producción del cobre se estima sólo suficiente para cubrir las necesidades internas. Para tener una idea de esta situación en el año de 1983 el país produjo 208 mil toneladas de cobre contenido y tuvo que importar 24 mil toneladas.

Plomo.- Es un metal blando que aunque se encuentra en la naturaleza en varias formas, prácticamente la totalidad se obtiene del sulfuro llamado galena.

Se usa principalmente en baterías o acumuladores, en el recubrimiento de cables eléctricos, tuberías para casas y edificios, pigmento de pinturas, producción de municiones y otros más. Recientemente, su uso ha cobrado importancia en las investigaciones atómicas y en las plantas que generan este tipo de energía.

Los principales productores a nivel mundial son Estados Unidos, Australia y Canadá, correspondiéndole a México el 5º lugar. Así en 1982 nuestro país exportó 62 toneladas de plomo, principalmente a los Estados Unidos e Italia.

Zinc.- Este mineral se obtiene por lo general del sulfuro, aunque excepcionalmente se ha encontrado en depósitos de óxido y silicato.

Se usa para galvanizado de láminas, alambre o tuberías de acero, en las industrias de la construcción, esmaltes y pinturas, en la producción de ánodos de pilas, en la manufactura de productos moldeados a presión y en la producción de aleaciones como latón y plata alemana.

El zinc que se produce en México; proviene casi totalmente de la explotación de depósitos de minerales que contienen plomo, cobre y plata. Los estados de Chihuahua y Zacatecas resaltan por su importancia en la producción de zinc, pues para 1982 representaron el 42.6% y el 19.5% respectivamente, del total producido en el país.

La producción mundial de zinc se presenta en países como Canadá, Australia y los principales demandantes de este mineral son Estados Unidos, Japón y la Unión Soviética.

La producción nacional de zinc durante 1983 fue de 250 mil toneladas y continúa ocupando el quinto lugar como país productor; gran parte de esta producción se destina a la exportación. Los principales compradores de zinc mexicano son los Estados Unidos y Bélgica.

México forma parte del Grupo Internacional de Zinc y Plomo, Organización que tiene como objetivo principal la regulación de la oferta y la demanda de estos productos entre los países miembros de esta Organización, para controlar las fluctuaciones excesivas en los precios.

Estaño.- La disparidad entre consumidores y productores es muy patente. Su consumo mundial, prescindiendo de los países socialistas, se circunscribe a los Estados Unidos y Europa Occidental, mientras que la extracción se realiza esencialmente en países poco desarrollados: Malasia, Indonesia, Tailandia, Bolivia, Zaire y Nigeria.

La producción de estaño en México es insuficiente y para satisfacer las necesidades de las industrias que lo requieren, ha necesitado importarlo de los Estados Unidos, Singapur y Malasia.

Aluminio.- La producción mundial del aluminio se concentra especialmente en Europa Occidental, Estados Unidos, Canadá, Unión Soviética y Japón. Sin embargo, la extracción de la bauxita, materia prima esencial para la obtención del aluminio, se lleva a cabo en países no productores de ese metal, pero con grandes yacimientos del mineral, entre los cuales podrían citarse: Jamaica, Brasil, Guinea y Australia.

Las necesidades de aluminio en nuestro país han ido creciendo, conforme pasan los años, y nuestros principales proveedores han sido los Estados Unidos, Francia y Canadá.

METALES PRECIOSOS.- Dentro de este grupo destacan el oro y la plata, los cuales han sido considerados de gran valor y utilizados de diversas formas a medida que el hombre ha evolucionado.

Oro.- Por las características de su color amarillo, inalterabilidad, ductibilidad y brillo, se ha considerado como un metal único entre los metales ordinarios. Sus características y su rareza y como consecuencia su valor, han conducido a las naciones a adoptarlo como tipo de operaciones financieras y comerciales. En otras palabras, el oro ha representado el patrón monetario internacional que sirve de base al establecimiento de las paridades de las diferentes divisas. También es el instrumento privilegiado de atesoramiento a nivel privado y en escala internacional.

Generalmente se encuentra en la naturaleza, aleado con una proporción de plata y a veces con indicios de platino. Su calidad se expresa en kilates, aceptándose como 100% puro el de 24 kilates; en estas condiciones es demasiado blando, por lo cual para poder utilizarlo se liga con cobre o plata.

Los usos no monetarios, se encuentran en la joyería y en ornamentos; en aleaciones con los metales del grupo platino se utiliza para piezas dentales y en equipos especializados para fines de investigación científica.

Los yacimientos de oro en nuestro país, son escasos y su obtención se lo gra como subproducto del beneficio de los sulfuros de cobre, plomo, plata y zinc. La producción nacional en 1982, fue de 6104 kg con valor de 4543 millones de pesos.

Plata.- Es un metal que en algunas ocasiones se presenta en su estado natural con un grado de pureza del 100%, el caso más común es que ocurra asociada con minerales de cobre, plomo y zinc, principalmente.

Por su abundancia en México, la búsqueda de este metal propició desde la Época Colonial el establecimiento de comunidades en lugares aledaños a los yacimientos localizados. Posteriormente algunas de estas comunidades llegaron a ser poblados y ciudades de gran importancia, podríamos men-

cionar entre otras, a Guanajuato, Zacatecas, San Luis Potosí, Taxco y Pachuca que, por diversas circunstancias han tenido épocas de auge y de crisis. En la actualidad estas regiones, siguen aportando junto con las minas de Chihuahua la mayor producción de plata en el mundo. Esta participación de nuestro país en la producción de plata, representa alrededor del 15% del total mundial.

En el cuadro 3.21, pág. 96, se muestra la producción y participación minera en las entidades federativas. Esta información procede de las manifestaciones de producción y distribución de unidades mineras, sean éstas extractivas, beneficiadoras, fundidoras o afinadoras.

MINERALES NO METÁLICOS.- Existe gran variedad de estos minerales en la naturaleza y constituyen por sus características, elementos primordiales en las diversas industrias (de la transformación, en la producción manufacturera, en la construcción, etc.). Entre otros, podríamos mencionar los siguientes: azufre, sal, bentonita, grafito, barita, fosfatos, potasa, diamantes, yeso, talco, mica, etc..

México posee un volumen considerable de reservas de estos minerales; nos limitaremos a tratar brevemente los que representan mayor importancia en la actividad económica.

Azufre.- Hasta años recientes empresas norteamericanas se dedicaron a explotar exhaustivamente las reservas azufreras del país (zona del Istmo de Tehuantepec en Jáltipan, Ver.), para explotarlas casi en su totalidad, en tanto que el campo de México padecía por falta de fertilizantes para mejorar la productividad agrícola. A partir de 1967, se ha estado realizando el proceso de "mexicanización" de las empresas azufreras y, puede decirse, que a estas alturas es un hecho que la mayor parte de las acciones pertenezcan a inversionistas del país.

Se emplea en la refinación de gasolina, en la fabricación de artefactos de hule, en fertilizantes agrícolas y en diversas industrias. La producción de azufre en 1982, fue de 1.8 millones de toneladas que representó un valor de 6232 millones de pesos, de los cuales 3641 fueron producto de las exportaciones.

Bentonita.- Tiene aplicaciones en la utilización de lodos para perforación de pozos (petroleros, agua, etc.); es además, un adecuado impermeabilizante en las obras hidráulicas y como filtrante y decolorador en las industrias aceiteras farmacéuticas y derivados del petróleo. Actualmente se cuenta con las reservas suficientes de este mineral para cubrir las necesidades inmediatas.

Sal.- Las instalaciones más grandes para la producción de sal común en el país se localizan actualmente en Baja California; principalmente en el Guerrero Negro, donde se ha establecido una compañía Japonesa. Otras similares existen en las costas de Colima, Veracruz, Sinaloa y Oaxaca.

La producción de sal en 1982 fue de 5.5 millones de toneladas.

PRODUCCION Y PARTICIPACION DE LOS PRINCIPALES MINERALES EN LAS ENTIDADES
FEDERATIVAS DURANTE 1982

PRODUCTO	ESTADO	Δ PRODUCCION 1982	% DEL TOTAL NACIONAL 1982
Plata *	1. Chihuahua	11 449 250	19.3
	2. Zacatecas	11 128 644	18.8
	3. Durango	6 827 555	11.5
	Otras Entidades	29 769 334	50.4
	Total Nacional	59 174 783	100.0
Oro **	1. Guanajuato	1 556	23.3
	2. Durango	1 573	23.6
	3. Sonora	887	13.3
	Otras Entidades	2 651	39.8
	Total Nacional	6 667	100.0
Plomo	1. Chihuahua	82 615	48.5
	2. Zacatecas	20 985	12.3
	3. Coahuila	13 917	8.2
	Otras Entidades	52 655	31.9
	Total Nacional	170 172	100.0
Cobre	1. Sonora	200 325	87.4
	2. Chihuahua	9 160	4.0
	3. Zacatecas	8 105	3.5
	Otras Entidades	11 588	5.1
	Total Nacional	229 178	100.0
Zinc	1. Chihuahua	103 308	42.6
	2. Zacatecas	47 206	19.5
	3. San Luis Potosí	19 040	7.9
	Otras Entidades	72 778	30.0
	Total Nacional	242 332	100.0
Carbón	1. Coahuila	7 636 916	100.0
	Total Nacional	7 636 916	100.0
Hierro	1. Colima	1 640 270	30.5
	2. Chihuahua	992 027	18.4
	3. Jalisco	976 241	18.1
	Otras Entidades	1 773 701	33.0
	Total Nacional	5 382 239	100.0
Manganeso	1. Hidalgo	182 190	99.5
	2. Durango	580	0.3
	3. Zacatecas	187	0.1
	Otras Entidades	163	0.1
	Total Nacional	183 120	100.0
Fluorita	1. San Luis Potosí	246 922	39.1
	2. Guanajuato	169 076	26.8
	3. Chihuahua	106 683	16.9
	Otras Entidades	108 705	17.2
	Total Nacional	631 386	100.0
Barita	1. Coahuila	132 454	40.9
	2. Nuevo León	91 634	28.3
	3. Michoacán	42 031	13.0
	Otras Entidades	57 634	17.8
	Total Nacional	323 753	100.0
Azufre	1. Veracruz	1 426 173	78.5
	2. Chiapas	313 368	17.3
	3. Tabasco	46 731	2.6
	Otras Entidades	29 175	1.6
	Total Nacional	1 815 447	100.0

Δ La producción está dada en toneladas métricas.
* En onza troy. Una onza troy = 31.1035 gramos. ** En kilogramos.
Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana - 1982; Consejo de Recursos Minerales.

IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA MINERA EN LA ACTIVIDAD ECONOMICA DEL PAIS.-
En este contexto la industria en cuestión se encuentra presente en múltiples aspectos de la vida nacional; como elemento que suministra insumos prioritarios para otros sectores de actividad, principalmente la industria nacional; como importante generador de fuentes de trabajo y por su contribución a la obtención de divisas para el país. En el cuadro 3.22, pág.98, se muestra el volumen y valor de la producción minero-metalúrgica en la República Mexicana para los años de 1982 y 1983.

La producción minera del país, para hacer más objetiva la participación económica de esta industria, se ha sostenido en los últimos años en una contribución promedio de 1.5% al Producto Interno Bruto del país. Asimismo, las exportaciones de productos mineros han representado una aceptable participación de las exportaciones nacionales. En el cuadro 3.23, pág.99, se enmarca la evolución de la balanza comercial minero-metalúrgica de los últimos años.

México por fortuna país rico en recursos minerales, ha logrado importantes avances en materia de volumen y valor de la producción; a grado tal, que en 1983 se colocó dentro de los cinco primeros lugares a nivel mundial, en la producción de catorce minerales: primero en plata, fluorita y arsénico; segundo en celestita y sulfato de sodio; tercero en bismuto y antimonio; cuarto en grafito, mercurio y diatomita; y quinto en azufre, plomo, zinc y feldespato.

Las perspectivas de desarrollo a corto plazo de la minería mexicana son muy positivas, tomando en consideración los nuevos yacimientos de plata, plomo, zinc, molibdeno y roca fosfórica que iniciarán su producción; las expansiones en las minas actualmente en operación que producen cobre, plomo, zinc y azufre; y las nuevas plantas de ferromanganeso, zinc electrolítico y cobre, así como las ampliaciones de las fundiciones de metales no ferrosos que entrarán en operación.

Sin embargo, es necesario tomar conciencia que al no ser renovables los recursos minerales explotados, y dado que cada día se exigen mayores volúmenes de producción para satisfacer las necesidades de la sociedad llegará el momento en que los países del mundo tengan que enfrentarse al problema del agotamiento de esos recursos minerales; por lo que mientras tanto, la humanidad deberá utilizarlos en forma racional y propiciar acciones para que científicos y técnicos de todas partes se den a la tarea de buscar materiales sustitutos, bajo formas que resulten factibles.

VOLUMEN Y VALOR DE LA PRODUCCION MINERO - METALURGICA EN LA REPUBLICA MEXICANA PARA LOS AÑOS DE 1982 Y 1983				
PRODUCTOS	1982		1983	
	Volumen (Toneladas)	Valor (miles de pesos)	Volumen (Toneladas)	Valor (miles de pesos)
MINERALES METALICOS:				
Oro (kg)	6 283	896 156	5 911	1 353 123
Plata (kg)	1 579 393	6 238 180	1 536 772	12 663 407
METALES INDUSTRIALES NO FERROSOS:				
Plomo	170 533	2 400 838	173 455	4 120 438
Cobre	87 186	2 669 116	107 109	4 591 385
Zinc	244 892	3 152 929	245 477	4 280 576
Antimonio	2 457	126 941	2 872	185 438
Arsénico	4 730	43 309	4 951	70 540
Bismuto	978	96 957	754	89 507
Estaño	73	20 744	23	8 476
Cadmio	1 894	165 922	1 778	229 638
Mercurio (4)	76	7 785	n.d.	n.d.
Selenio	80	44 848	75	44 416
Tungsteno	234	76 736	252	82 062
Molibdeno	11	2 639	48	17 756
Níquel	22	2 189	n.d.	n.d.
METALES Y MINERALES SIDERURGICOS:				
Carbón mineral	154 806	23 995	64 234	10 219
Coque (1)	2 490 923	1 407 371	2 589 338	1 462 976
Fierro	3 556 109	2 289 337	4 040 989	2 030 618
Manganeso	188 340	473 760	177 359	555 134
SUBTOTAL :	8 489 020	20 139 752	8 951 397	31 795 709

Cuadro 3.22
(Primera parte)

VOLUMEN Y VALOR DE LA PRODUCCION MINERO - METALURGICA EN LA REPUBLICA MEXICANA PARA LOS AÑOS DE 1978 Y 1979				
PRODUCTOS	1978		1979	
	Volumen (Toneladas)	Valor (miles de pesos)	Volumen (Toneladas)	Valor (miles de pesos)
MINERALES NO METALICOS:				
Azufre	1 817 685	1 805 058	2 025 435	2 156 167
Grafito	52 264	47 270	50 880	58 321
Barita	231 485	172 791	151 162	140 682
Dolomita	249 243	14 955	282 342	16 941
Fluorita	959 784	1 594 654	875 216	1 483 871
Caolín	45 442	3 635	18 203	1 456
Sílice	532 209	79 831	537 299	80 595
Yeso	1 757 870	79 104	2 021 006	98 529
Fosforita	322 076	173 157	171 069	87 245
Caliza	1 480 767	22 212	n.d.	n.d.
Sulfato de sodio	127 710	31 928	n.d.	n.d.
Arcillas impuras	67 985	2 040	n.d.	n.d.
Feldespató	127 554	16 582	n.d.	n.d.
Tierra Fuller	39 958	3 996	n.d.	n.d.
Bentonita	33 795	3 379	n.d.	n.d.
Magnesita	23 085	8 772	n.d.	n.d.
Diatomita	22 452	2 694	n.d.	n.d.
Celestita	33 169	6 426	n.d.	n.d.
Perlita	8 191	410	n.d.	n.d.
Calcita	19 753	2 173	n.d.	n.d.
Talco	2 639	761	n.d.	n.d.
Wallastonita	5 653	1 018	n.d.	n.d.
Mica	401	401	n.d.	n.d.
SUB TOTAL:	7 961 170	4 023 247	6 132 612	4 123 807
TOTALES:	16 450 190	24 162 999	15 084 009	35 919 516

Fuente: Elaborado por la Cámara de Minera de México, con los datos proporcionados por las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal y de Programación y Presupuesto.

Cuadro 3.22
(Conclusión)

BALANZA COMERCIAL MINERO-METALURGICA					
(MILLONES DE PESOS)					
CONCEPTO	1974	1975	1976	1877	1978 1/
I.- EXPORTACIONES	6 094	5 786	6 882	10 178	11 496
A.- METALICOS	4 557	4 139	4 898	7 223	7 672
B.- NO METALICOS	1 537	1 647	1 954	2 955	3 824
II.- IMPORTACIONES	4 218	5 239	4 514	6 504	9 514
A.- METALICOS	2 581	2 791	1 821	2 315	4 895
B.- NO METALICOS	1 637	2 448	2 693	4 189	4 619
<u>SALDO TOTAL 2/</u>	<u>+ 1 876</u>	<u>+ 547</u>	<u>+ 2 338</u>	<u>+ 3 674</u>	<u>+ 1 982</u>
A.- METALICOS	+ 1 976	+ 1 348	+ 3 077	+ 4 908	+ 2 777
B.- NO METALICOS	- 100	- 801	- 739	- 1 234	- 795

1/ Cifras preliminares.

2/ (+) Superávit; (-) Déficit.

Fuente: Dirección General de Estadística, Secretaría de Programación y Presupuesto

Cuadro 3.23

MINERALES ENERGETICOS.- El desarrollo de la humanidad, puede ser analizado, sobre todo, a partir del siglo XVII a través de los métodos y formas que se han utilizado en la generación de energía para la satisfac-

ción de las necesidades. En la actualidad, la energía es un factor indispensable que condiciona el desarrollo económico, ya que siendo su aplicación universal, cada vez es más necesaria en el proceso productivo y en el bienestar del ser humano.

La energía se presenta en el planeta en diversas formas y corresponden a diferentes orígenes. Así, la energía "almacenada" puede encontrarse en forma de yacimientos de combustibles fósiles, de materias nucleares, de calor proveniente del magma, o bien se puede presentar en otros estados naturales antes de ser transformada por el hombre a formas utilizables.

Si en algunos casos es posible utilizar la energía directamente, sin almacenamiento o con un almacenamiento continuamente renovable, la mayor parte de las tecnologías industriales en el mundo actual dependen primordialmente de recursos naturales fósiles (petróleo, gas natural y carbón), que son fuente de energía no renovables. Dentro de esta categoría pueden incluirse también los minerales radiactivos (uranio y torio).

Los minerales energéticos son los de mayor importancia desde el punto de vista del conjunto de la producción mundial de minerales; representan aproximadamente el 75% del valor de la producción minera total. En cambio, los minerales metálicos equivalen a un 20% y los no metálicos al 5% restante.

Aunque el petróleo es conocido desde hace varios siglos, su explotación en forma más regular data de los últimos años del siglo pasado en que ya se le encuentra aplicación como combustible y se le advierten posibilidades para la obtención de la energía. Es en la década de los años veinte del presente siglo cuando en realidad se produce un despegue en su producción, incrementándose, cada día más debido a las demandas principalmente de los países industrializados.

El petróleo es un combustible fósil de influencia trascendental en el mundo contemporáneo, pero más importantes son los derivados que de él se obtienen.

De la refinación del petróleo crudo en la industria petroquímica se obtiene una extensa gama de productos de vital importancia para los países: combustibles para automóviles y aviones, lubricantes y combustibles para industrias y centrales térmicas, gases condensables (butano y propano) para usos domésticos e industriales, y gases no condensables, que con ciertas fracciones líquidas sirven de base a la industria petroquímica en la que se obtienen plásticos, detergentes, resinas acrílicas, fibras sintéticas (poliester), abonos, acetonas, insecticidas, etc.. En esto se aprecia el incuestionable valor del petróleo que, además de ser la más importante fuente de energía actual, da origen a diversas materias intermedias de creciente importancia económica, de las que se obtienen y aprovechan productos por medio de la petroquímica.

El gas natural, subproducto de la explotación del petróleo, está constituido por los componentes más volátiles que resultan del proceso de formación del petróleo.

Si bien su explotación comenzó casi simultáneamente con la del petróleo, su evolución en la producción y utilización fue lenta durante muchos años, ya que su aprovechamiento carecía de estímulos. No obstante, en la segunda mitad del siglo pasado era ya utilizado como combustible.

La producción y consumo de gas en el mundo aumenta cada día, principalmente este fenómeno se ha manifestado a partir de la segunda mitad del presente siglo en países como Estados Unidos, y los de Europa Occidental; y posteriormente, en la década de los años sesenta, en países socialistas y Japón. En países menos desarrollados, aunque siendo muchos de ellos poseedores de grandes reservas, la producción y principalmente el consumo ha sido menor, debido a una carencia de tecnología en la explotación y uso del mismo.

En lo concerniente al carbón, se puede decir que es un combustible que el hombre ha empleado, desde hace varios siglos, para obtener energía en forma de calor y en diversas aplicaciones domésticas e industriales.

El incremento en su utilización se produce a raíz de la Revolución Industrial, constituyéndose en el recurso energético base de la industrialización hasta inicios del presente siglo y en forma muy considerable en la actualidad. Esto último se ha dado, debido a que algunos países que habían alcanzado cierto nivel de industrialización con el carbón no pudieron derivar el funcionamiento de sus plantas al petróleo o gas natural, por no ser productores de estos combustibles o por tener en su territorio importantes yacimientos carboníferos.

No obstante que el petróleo y gas determinan un desplazamiento relativo del carbón, éste sigue siendo uno de los combustibles en los que se apoyan algunas economías. Más aún, los países productores de petróleo presentan conflictos internos, las reservas probables son limitadas, los países altamente consumidores de este energético han propiciado un incremento exagerado en el precio del mismo, y existen grandes reservas mundiales de carbón por lo que nuevamente esta cobrando interés en el mundo industrializado la utilización de éste, como sustituto parcial de los hidrocarburos.

El uranio es un mineral de primera necesidad en la incipiente industria nuclear y, junto con el torio forman la actual fuente de energía comercial de consideración que se ha desarrollado en el presente siglo.

Es un elemento raro en la naturaleza y nunca se presenta en estado libre, existen aproximadamente 150 minerales que lo contienen.

Los yacimientos de uranio que existen en México, están considerados como reservas mineras nacionales y controladas por leyes al respecto. Las reservas más importantes se localizan en Chihuahua, Nuevo León y Oaxaca. Se han instalado plantas para tratar el mineral de uranio en nuestro país como es la de Aldama, en Chihuahua.

Se realizan grandes esfuerzos en la actualidad para ir formando la base de la futura industria nuclear mexicana, movida por centrales nucleoelectricas, y evitar las salidas de esas riquezas al exterior.

Para enfatizar la importancia de los recursos minerales de esta índole, se puede afirmar que en la actualidad, un 85% de la producción mundial de energía se basa en el consumo de los recursos minerales energéticos, o combustibles fósiles; y el 15% restante, lo componen las fuentes energéticas tradicionales con un 11% aproximadamente y las centrales hidroeléctricas y nucleares con el resto. Siendo el petróleo la fuente energética más importante del mundo contemporáneo.

Por la misma trascendencia económica y estratégica que tienen actualmente los minerales energéticos, como los hidrocarburos, los minerales radiactivos y otras fuentes de energía, se tratarán con mayor amplitud y profundidad los aspectos más relevantes de estos recursos naturales en un capítulo aparte denominado: "Energéticos", en el contexto de este trabajo.

CAPITULO 4

ENERGETICOS

"El cambio es el señor del Universo"

Heráclito

"Es posible cambiar de forma la energía;
pero no se le puede crear ni destruir"

Hermann Von Helmholtz

" $E = mc^2$ "

Albert Einstein

ENERGETICOS

CONCEPTO DE ENERGIA

Toda la gente considera en estas fechas que la energía es de suma importancia, que es vital para el desarrollo industrial de los pueblos y que es el punto central de la economía de las sociedades, industrializadas o no; sin embargo, aunque en la mayoría de las ocasiones se sabe de manera intuitiva lo que es la energía, no se comprende de forma cabal.

Energía es algo que hace posible hacer un trabajo y trabajo es algo en lo que se involucra un esfuerzo. Levantar un objeto pesado es trabajo y levantar un objeto ligero, aunque es trabajo, es menor que en el primer caso. Levantar un objeto una distancia grande lleva más trabajo que levantarlo una corta distancia. Entre más pesado sea un objeto (esto es, entre más masa tenga) y mayor sea la distancia que se tenga que mover, mayor será el trabajo hecho.

La energía está íntimamente relacionada con trabajo, al grado de que la palabra "energía" (que fue inventada por el científico inglés Thomas Young en 1807) proviene del griego *energeia* que significa "que contiene trabajo". Energía es algo que contiene trabajo en su interior.

En la antigüedad, aunque no se utilizaba la palabra, se manejaba el concepto de energía. Si alguna persona realizaba un esfuerzo; por ejemplo caminar una jornada, se sentía cansada al final de la misma. Se sabía que entre más trabajo había realizado, le había involucrado mayor esfuerzo y por consiguiente: estaba más cansada.

Para poder efectuar mayor trabajo, y por ende mayor esfuerzo, se requería tener mayor "contenido de trabajo en su interior", en esencia: mayor energía. Este energía la obtiene el hombre de su alimentación diaria, vegetal y animal. Los alimentos son la fuente de combustible que los procesos metabólicos del organismo convierten en energía para la realización de actividades vitales. La combustión de un alimento es, que en presencia de oxígeno, éste se oxida completamente hasta quedar CO_2 y agua y produce calor. El calor total producido, o sea la energía disipada por el cuerpo, es la suma de la energía requerida únicamente para el mantenimiento de la vida (*metabolismo basal*) y de la energía adicional que se gasta para realizar otras actividades, como el trabajo cotidiano.

La energía requerida por el hombre y el valor calórico de los alimentos se miden en calorías. Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado (de 15° a 16°C), como es una cantidad muy pequeña, es más conveniente usar un valor 1000 veces mayor, o sea la kilocaloría. Un hombre cuya actividad física no sea intensa, sino más bien sedentaria, necesitará diariamente del orden de 2000 kilocalorías; en comparación con otro, cuya actividad física sea más intensa que necesitará de 3000 a 3500 kilocalorías.

Hasta aquí se ha relacionado el trabajo con los seres vivientes. El hombre hace trabajo, pero también es evidente que muchos animales como los caballos, los burros, los camellos y otros más, también lo hacen. Las plantas, para su desarrollo requieren de energía. Y en muchas ocasiones, objetos carentes de vida, pueden efectuar un trabajo.

La corriente de un río puede mover pequeños botes aguas abajo. El viento puede mover barcos de vela sobre el agua. La marea puede levantar pesadas embarcaciones. Si una catapulta se fuerza hasta su límite y se le colocan pesadas piedras, puede arrojarlas al aire y golpear con gran impacto las paredes o las embarcaciones y destruirlas. Sin embargo, en estos ejemplos el trabajo es debido propiamente al movimiento. El aire quieto, el agua tranquila o las piedras no mueven ni impactan nada; sino que el aire en movimiento, el agua en movimiento y las rocas en movimiento son los que producen trabajo, en suma, se tiene una energía de movimiento, a la cual Lord Kelvin en 1856 la denominó "energía cinética".

Análogamente, si estos elementos en movimiento pueden producir una energía, significará que estando estáticos tendrán una capacidad potencial de producir energía. William J. M. Rankine la denominó "energía potencial". Si una persona brinca de una plataforma elevada a otra de menos altura, cuando se caiga en esta última se le impactará fuertemente.

Retomando ahora el primer concepto de energía, ésta se puede comprender si la establecemos en términos tales como: "La energía es aquel valor característico que disminuye conforme se hace un trabajo, por una cantidad igual a aquel trabajo realizado".

Visto de esta manera, la energía puede existir en una variedad de formas, algunas de ellas inmediatamente reconocibles, como la energía potencial gravitacional. Por ejemplo, un cuerpo cerca de la superficie de la tierra sufre un cambio en la energía potencial conforme varía su elevación respecto a la superficie de la tierra; la energía es entonces igual al producto de los pesos de los cuerpos y al cambio en la elevación.

La energía potencial, también se puede almacenar en los cuerpos elásticos, tales como resortes, masas o contenedores de gas comprimido. Puede también estar en la forma de energía química potencial la cual se puede medir por aquella cantidad de energía que se puede disponer cuando ciertas sustancias reaccionan químicamente. La energía potencial también existe en el núcleo de los átomos y se puede manifestar por cierto tipo de rearrreglos nucleares.

La energía cinética es la energía asociada con el movimiento mecánico de los cuerpos. Cuantitativamente es igual a un medio de la masa por el cuadrado de la velocidad que adquiere. En el caso de un movimiento rotacional (por ejemplo un volante); la energía cinética adquiere la expresión $\frac{1}{2} I \omega^2$ en donde I es el momento de inercia del cuerpo sobre su eje de rotación y ω es la velocidad angular. La energía cinética, como todas las formas de energía es una cantidad escalar, lo cual significa que posee una magnitud pero no una dirección.

En un sistema dado, la energía puede sufrir transformaciones de una forma

ma a otra, sin modificar la energía total del sistema. Un ejemplo típico es el péndulo, el cual tiene un movimiento armónico simple y periódicamente transforma la energía potencial gravitacional a energía cinética, y ésta, a su vez, a energía potencial gravitacional nuevamente. Una situación análoga sucede en los materiales sólidos a escala subatómica, donde los átomos están en constante vibración debido a efectos interatómicos más que a fuerzas gravitacionales. Conforme se incrementa la temperatura, la vibración atómica incrementa. Este ejemplo muestra los efectos a escala macroscópica, de tal manera que el calor también se puede considerar como una forma de energía independientemente del material, cualquier cantidad de calor absorbida o rechazada puede expresarse cuantitativamente como una cantidad de energía.

Dentro de los campos eléctrico y magnético, también se manifiesta la energía potencial. La energía disponible en una región de un campo eléctrico por unidad de volumen se puede cuantificar por medio del cuadrado de intensidad de campo eléctrico (E^2) dividido por ocho veces el valor de π . Análogamente, la energía de un campo magnético se puede obtener mediante la integración sobre el volumen del cuadrado de la intensidad de dicho campo H^2 dividido por ocho veces el valor de π . En el caso de un capacitor, cargado eléctricamente y un inductor, la energía eléctrica almacenada en el primero y la energía del campo magnético asociado al segundo es $1/2 C V^2$ y $1/2 L I^2$, donde C es la capacitancia y V el potencial eléctrico; L es la inductancia e I es la corriente que circula a través de ella.

El principio básico de la física, conocido como "conservación de la energía", establece que en un sistema cerrado la energía debe permanecer constante. La energía puede transformarse de una a otra forma, pero la energía total, sin adicionar o sustraer energía del sistema, debe ser constante. En el caso del péndulo, considerado como un sistema cerrado, conforme la energía potencial decrece se incrementa la cinética y viceversa. Eventualmente el péndulo se parará completamente debido al efecto de la fuerza de fricción. En estas circunstancias, toda la energía potencial gravitacional y cinética se han transformado en calor.

En otro sistema cerrado, por ejemplo un átomo radiactivo, la energía total representada por el átomo y la radiación emitida, debe ser constante. Al emitirse un rayo gamma, la masa restante del átomo decrecerá por una cantidad equivalente a la suma de la energía del rayo gamma emitido y la energía cinética de retroceso del átomo, la cual es sumamente pequeña.

Para el siglo XX la ecuación de conversión masa-energía de Einstein $E = mc^2$ nos da una luz sobre la nueva visión del universo astronómico, en donde se identifica a la energía con la masa (m) a través de la constante (c) que es la velocidad de la luz; y la ecuación de Planck, en donde se expresa la ley fundamental de la teoría cuántica, en la que se establece que la energía asociada transferida con la radiación, se genera en base a una cantidad determinada de energía, la cual es proporcional a la frecuencia de radiación: $E = h\nu$; donde E es el valor de las unidades cuánticas de energía, ν es la frecuencia de radiación y h es el quantum elemental de acción, más comúnmente conocido como la constante de Planck (6.6255×10^{-27} erg - segundo). Estas expresiones son únicamente formas de evidenciar la energía en diversos sistemas y épocas.

En la antigüedad se desconocía la palabra "energía", pero se tenía la noción y el concepto de la misma, más aún se utilizaba el viento, el agua y las piedras para producir trabajo. En la actualidad, si se quiere comprender cabalmente a la energía, será necesario efectuar mediciones, estudiar cuidadosamente y adentrarse en todas las formas en que se expresa la energía.

CRISIS ENERGETICA

La manipulación útil de los recursos energéticos ha sido un componente esencial de la humanidad para sobrevivir y desarrollarse socialmente.

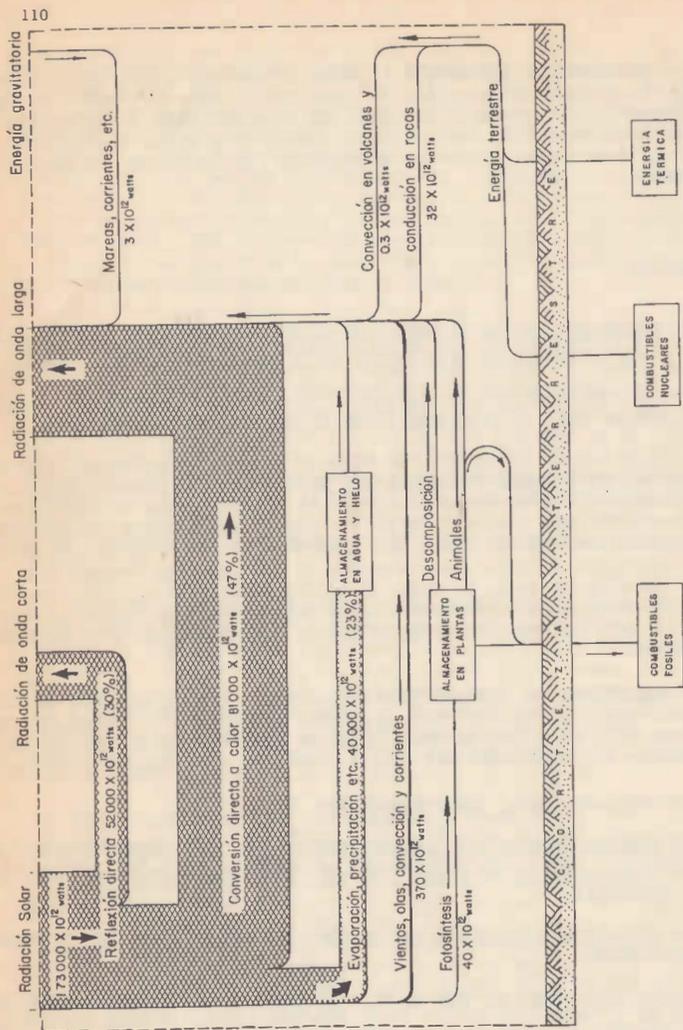
Quando el hombre primitivo "descubrió" y aprendió a utilizar el fuego, dio el primer paso en la manipulación de los recursos energéticos.

La utilización de la energía con fines de mejorar la calidad de vida más allá de las actividades rudimentarias básicas para la supervivencia, depende fundamentalmente de dos factores: la disponibilidad de los recursos y la tecnología para convertir éstos en energía manipulable y controlable. Los recursos energéticos han estado generalmente disponibles, sin embargo la tecnología para la transformación de los recursos energéticos es históricamente reciente. Si bien, el hombre conoció el proceso para obtener calor desde hace muchos siglos, fue hasta hace unas décadas cuando comenzó a utilizar en cantidades altamente significativas y de manera más eficiente.

En la superficie del planeta Tierra hay cierto tipo y cantidad de energía que fluye a través del medio que rodea la superficie terrestre. En la figura 4.1, pág. 110, se puede apreciar que el flujo de energía hacia el interior de dicho medio proviene a partir de tres fuentes principales:

- La radiación solar interceptada por el medio.
- La energía térmica del subsuelo transmitida a la superficie por conducción y convección y expresada en forma de volcanes, manantiales y géiseres.
- La energía del sistema gravitacional Sol-Luna-Tierra, que provoca las mareas.

Es necesario aclarar que dentro de la energía interior del planeta y por efectos de la radiación solar, según teorías, se han formado los combustibles fósiles. Las plantas y animales existentes en la superficie terrestre, captan radiación solar en pequeñas dosis que almacenan químicamente. Las primeras lo hacen mediante el proceso conocido como fotosíntesis y las segundas mediante su propio metabolismo. La energía así almacenada se libera paulatinamente mediante la oxidación. Según la teoría más difundida, algunas cantidades de materia vegetal y animal en estado de oxidación incompleta quedaron atrapadas entre grandes capas de roca, tierra y diversos sedimentos debido a acomodamientos de la capa terrestre, lo que provocó la formación de los combustibles fósiles después de millones de años.



FUENTE: LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DE LA TIERRA. HUBBERT, M.A., ALIANZA EDITORIAL, MADRID

Figura 4.1

La corteza terrestre está formada por 92 elementos químicos naturales algunos de los cuales (o sus isótopos) presentan características radiactivas. Estos elementos, no obstante existir en cantidades sumamente pequeñas (algunas partes por millón con respecto al elemento natural), son susceptibles de proporcionar energía mediante procedimientos adecuados.

Las sociedades han hecho uso (o abuso) de estos recursos energéticos disponibles para una transformación de sus recursos no energéticos encaminada a un mayor confort. Esto, evidentemente, ha dependido de los requerimientos que se tengan de energía y de la tecnología desarrollada en cada época. Así, por ejemplo, el consumo mundial de carbón durante los últimos ciento diez años (hasta 1970) ha sido aproximadamente 20 veces superior al consumo durante los siete siglos pasados. La cantidad de carbón extraída y consumida de 1940 a 1970 es aproximadamente igual al consumo total de éste hasta 1980.

El petróleo y sus productos afines, sufrieron un hecho semejante. Se necesitaron ciento dos años (1857 a 1959) para producir la primera mitad de la producción acumulada hasta 1970, pero bastaron solamente diez años (1959 - 1969) para producir la otra mitad.

Así como hubo una época en la cual se utilizó de manera intensiva el carbón, en la actualidad estamos viviendo la época de los hidrocarburos, más precisamente la era del petróleo. De hecho, el hombre pasará así sucesivamente de una forma de vida basada en un tipo de energético a otra con base energética diferente, de la misma manera que ha evolucionado de una a otra civilización en oleadas progresivas.

La figura 4.2, pág. 112, nos muestra las sustituciones progresivas de los diferentes energéticos, en donde resulta evidente que existe un traslape: mientras el carbón termina su época de máxima utilización, la energía nuclear ve sus primeros logros con miras a desplazar al petróleo que hoy por hoy es la base de la economía mundial.

Es evidente que el tipo de energía utilizado en forma preferente por los pueblos durante los últimos años, ha marcado de manera definitiva el estilo de desarrollo y el estilo de vida de todos los países del mundo. Una característica de ese particular estilo de desarrollo ha sido el avance tecnológico, el cual a su vez ha dependido íntimamente de la fuente energética disponible.

Detrás de ese estilo de vida, de ese desarrollo, y de la transformación tecnológica que le sirvió de sustento, estuvo el aprovisionamiento indiscriminado y a precios estables y reducidos de un nuevo tipo de energía: los hidrocarburos, que además aparentaban ser abundantes y presentaban la flexibilidad de acoplarse a diferentes esquemas tecnológicos.

Ese estilo de desarrollo, basado en esa fuente de energía barata permitió que las comunidades (algunas de ellas) alcanzaran niveles de bienestar sin precedentes, sirviendo de modelo a los países en desarrollo que aspiraban a alcanzar niveles de vida análogos. Obviamente, la base de ese nivel de vida llevaba en sí mismo la tecnología basada en los hidrocarburos y por ende la reproducción del estilo de desarrollo (producción y consumo) que determinó que la civilización occidental, llegara a todos los rincones de la tierra y cuya subsistencia no fuera ya posible sin la base energética que la había sustentado durante décadas.

En 1973, se suscitan dos hechos de gran significación. El primero de ellos consistió en que los países productores de petróleo (generalmente países en desarrollo) se asociaron para poner término a la energía bara-

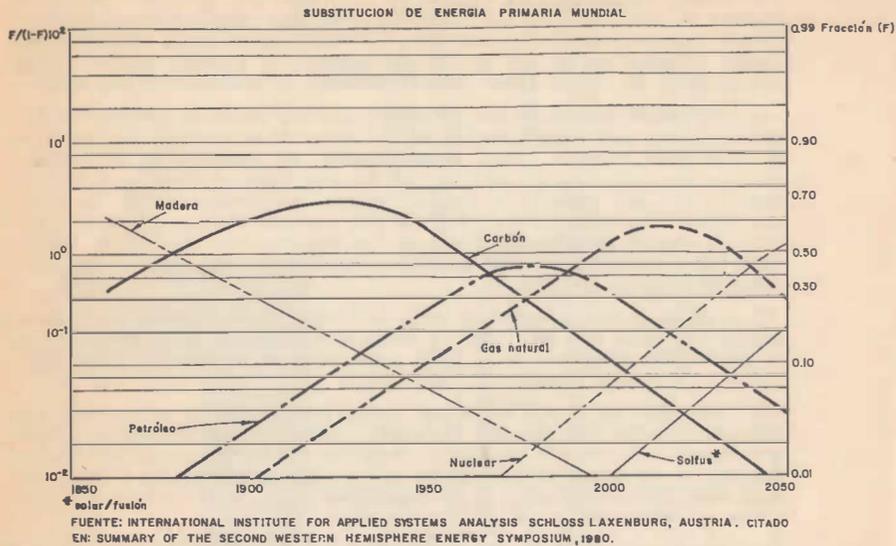


Figura 4.2

ta, la cual se obtenía a precios ínfimos y en grandes cantidades (los países árabes generaban el 70% de la oferta mundial de hidrocarburos). El segundo de ellos fue el percatarse de que el crecimiento de las reservas de hidrocarburos quedaba a la zaga respecto a las tasas de crecimiento de la demanda mundial, ocasionando con ello un desbalance en el mercado con el que resultaron afectados en forma más directa y evidente, los países altamente desarrollados. Esta situación originó una reflexión mundial orientada al balance energético mundial, que olvidándose del carbón, alimentaba su expansión con hidrocarburos. Estos dos hechos marcaron el inicio de lo que se llama: "la crisis energética".

Esta crisis debe ser considerada con suma precaución y desde diversos ángulos:

Es un problema técnico, ya que nos evidencia el reto de determinar como humanidad, cuáles pueden ser las opciones más viables frente a un posible agotamiento de las reservas de hidrocarburos, actualmente vitales.

Es un problema económico, ya que las posibles fuentes de energía, sustitutivas de los hidrocarburos, tienen costos de inversión bastante más altos que aquéllos en los que se basó el desarrollo de la sociedad.

Es una cuestión política, ya que los esquemas tradicionales de dependencia se resquebrajaron para revalorar dicha relación y plantearla ahora en términos de interdependencia.

Es una cuestión psicológica y de información debido a que, en la primera de ellas, se ha tratado de crear una psicosis de agotamiento de las reservas petroleras a corto plazo, no obstante reconocer que falta reali-

zar mucha exploración y contabilización de dichos recursos a nivel mundial; y en la segunda, se ha desplegado una campaña publicitaria encaminada a crear en la mente de la opinión pública la idea de que los únicos causantes de la "crisis energética" son los países productores y exportadores de petróleo.

Finalmente, al reconocer que este problema es multifacético, la humanidad se ha enfrentado a la incertidumbre de su futuro desarrollo y al reto de buscar fórmulas de cooperación para beneficio, tanto de los productores como de los consumidores, tanto de los que hacen uso intensivo de él como de los pequeños consumidores, tanto del que tiene reservas como del que no las posee.

Estas consideraciones no solamente se aplican a formas de energía que son objeto de comercio internacional, sino también a la energía producida y consumida en el interior (que incluye a la energía tradicional), y además a la energía comercial, debido a que los precios, disponibilidad y consumo de todas las formas de energía están estrechamente relacionados.

La energía comercial comprende: carbón, petróleo y gas natural, electricidad generada por combustión de dichos combustibles y aquella obtenida por plantas hidroeléctricas, nucleares o geotérmicas. La energía tradicional se deriva de materiales que se suelen utilizar en sociedades menos desarrolladas, como la madera, el carbón vegetal, los residuos agrícolas y los desechos animales o humanos.

Los países en desarrollo consumen una pequeña proporción de la energía comercial mundial (12%), pero debido a que su economía está creciendo más de prisa que la de los países desarrollados, se ha favorecido que gran parte de esa demanda sea satisfecha con petróleo; la cual, según pronósticos, se verá acentuada en la década de los 90's, (ver cuadro 4.1). Asimismo, se aprecia en el mismo cuadro, la importancia que tienen y tendrán los países menos desarrollados en el ámbito energético mundial.

BALANCES DE ENERGIA COMERCIAL PRIMARIA, 1980 y 1990 (En millones de barriles equivalentes de petróleo diarios)								
ENERGIA COMERCIAL	1980				1990			
	Países menos desarrollados		Países en desarrollo importadores de petróleo		Países menos desarrollados		Países en desarrollo importadores de petróleo	
	Producción	Consumo	Producción	Consumo	Producción	Consumo	Producción	Consumo
Petróleo	13.2	9.2	2.0	6.5	19.4	15.4	3.6	11.4
Gas Natural	3.0	2.1	1.5	1.4	5.2	3.0	2.6	2.6
Carbón	2.5	2.6	2.4	2.5	3.7	3.8	3.3	3.4
Hidro	1.9	1.9	1.5	1.5	4.1	4.1	3.2	3.2
Nuclear	0.1	0.1	0.1	0.1	1.2	1.2	1.2	1.0
Otros (1)	0.3	0.8	0.3	0.4	1.9	3.1	1.5	1.2

(1) Incluye alcohol, otras fuentes de energía primaria no comerciales, energía no asignada y exportaciones de gas.

Fuente: Informe sobre el Desarrollo Mundial 1980. Banco Mundial

Cuadro 4.1

La producción mundial de petróleo durante 1983 fue de 53.0 millones de barriles por día (bpd) de los cuales la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) produjo el 34%. De su producción exportó el 90%. Estados Unidos consume el 28% de la producción mundial de hidrocarburos (19 millones de bpd), siendo el 50% de su consumo, petróleo de importación. El petróleo representa solamente la mitad de su economía energética; el resto se obtiene de gas natural (25%), carbón (20%) y nuclear e hidroelectricidad (5%). No obstante, se considera que un buen porcentaje de dicha energía se desperdicia en forma de bajas productividades industriales, bajas eficiencias en los automotores, exceso de energía para la climatización interna y otros.

Esta situación ha obligado a los países y a las diversas organizaciones mundiales a establecer planes de ahorro de energía, de cuantificación de recursos (nacionales y regionales), de desarrollo de nuevas tecnologías, y otra serie de planes encaminados al uso racional de los energéticos.

Uno de los puntos que más ha interesado y sobre el cual más se ha especulado es el agotamiento de los recursos energéticos no renovables. En el cuadro 4.2 se muestra el tiempo estimado de vida de los recursos fósiles mundiales probados, potenciales y especulados para varias tasas de consumo. Dentro de los recursos no se incluyen al gas no convencional, a las arenas asfálticas ni a ciertos carbones de bajo grado. Se incluyen sólo unos cuantos depósitos de aceites pesados y de esquistos bituminosos.

VIDA ESTIMADA DE LOS RECURSOS COMBUSTIBLES FOSILES MUNDIALES (1976)			
Tasa Anual de Consumo (%)	Año en el cual la relación remanente reserva/consumo decae a 10 años		
	A	B	C
4	2005	2050	2067
3	2010	2067	2090
2	2017	2097	2130
1	2029	2164	2226
A: Reservas probadas: 0.748 a 0.776 x 10 ¹² Tec; media 0.762 x 10 ¹² Tec			
B: Recursos recuperables remanentes totales: 5.054 a 5.683 x 10 ¹² Tec; media = 5.369 x 10 ¹² Tec.			
C: Doble de los recursos estimados en B.			
Fuente: A Survey of United States and Total World Production, Proved Reserves and Remaining Recoverable Resources of Fossil Fuels and Uranium as of December 31, 1976, J. D. Parent, J. G. Seay H. R. Linden.			

Cuadro 4.2

Los cálculos de la tabla se basaron en la producción anual de 1976 de 8.695 x 10⁹ toneladas equivalentes de carbón (Tec) estimada por las Naciones Unidas.

Es obvio que las sociedades pueden continuar, hasta bien entrado el siguiente siglo, basando su economía en el combustible fósil, de lo único que depende es de los precios del mismo. Si existe un límite, seguramente no será por la disponibilidad de las materias primas sino muy posiblemente a la especulación que con ellas se haga, o de la cantidad de contaminantes producidos por la combustión de los hidrocarburos.

TRANSFORMACION DE LA ENERGIA

Las sociedades actuales, sobre todo aquellas que están industrializadas pueden verse como una máquina compleja que degrada energía de alta calidad hasta calor residual, extrayendo en el proceso la energía necesaria para crear un gran conjunto de bienes y servicios.

La energía es un elemento indispensable para la transformación de los recursos naturales. Mucha de esta energía no se puede utilizar en forma directa, sino que tiene que convertirse a otras formas de energía más manejables para utilizarse finalmente de la manera más conveniente.

Así, para el transporte, se necesita energía de movimiento, que se obtiene de energía mecánica que en el caso de los transportes con motores de combustión interna, proviene de un producto refinado del petróleo (gasolina o diesel).

En el caso de transportes eléctricos, la energía mecánica es producida por la energía eléctrica, que a su vez puede provenir de la combustión de hidrocarburos de centrales movidas por agua (hidroeléctricas), por carbón (carboeléctricas), por uranio o plutonio (nucleoeléctricas), o por el calor interno de la tierra (geotermoeléctricas).

Así, una sociedad, dependiendo de las fuentes energéticas que posea y tomando en cuenta sus necesidades de desarrollo e industrialización, destina la energía a los usos que juzga más convenientes. Por ejemplo, el análisis del origen y destino de la energía para México en 1982 (ver figura 4.3, pág. 116) nos señala la fuerte dependencia energética que se tiene de los hidrocarburos (92.90%) y el alto porcentaje en usos propios y mermas de los sectores energéticos del país (46.4%). El consumo total de energía fue de 770.8 x 10⁶ barriles de petróleo crudo.

En la misma figura se puede observar el recorrido que hacen los principales recursos energéticos en su transformación hasta los usos finales.

Los hidrocarburos sufren primeramente una transformación química con proceso exotérmico que se puede utilizar directamente en la industria (hornos de combustión, calderas, etc.), o transformar su contenido energético en energía mecánica por medio de la combustión (motores de combustible interno) cuyos usos son incontables. Esta energía mecánica, a su vez, se puede transformar en energía eléctrica cuando se le acopla un genera-

dor al motor de combustión mencionado y los usos de ésta son innumerables.

El carbón puede sufrir una serie de transformaciones análogas a las de los hidrocarburos. Por su parte la hidroelectricidad, es energía de gravedad del agua que al orientarse en conductos convierte su energía de gravedad en energía cinética la cual cede al golpear los álabes de una turbina y manifestarse entonces como energía mecánica. Si, a esta turbina se le acopla un generador se podrá tener electricidad.

Finalmente la geotérmica, es ya en sí energía térmica contenida en el vapor de agua, que también se transforma a energía mecánica y eléctrica de forma análoga a la última fase de la transformación de los hidrocarburos.

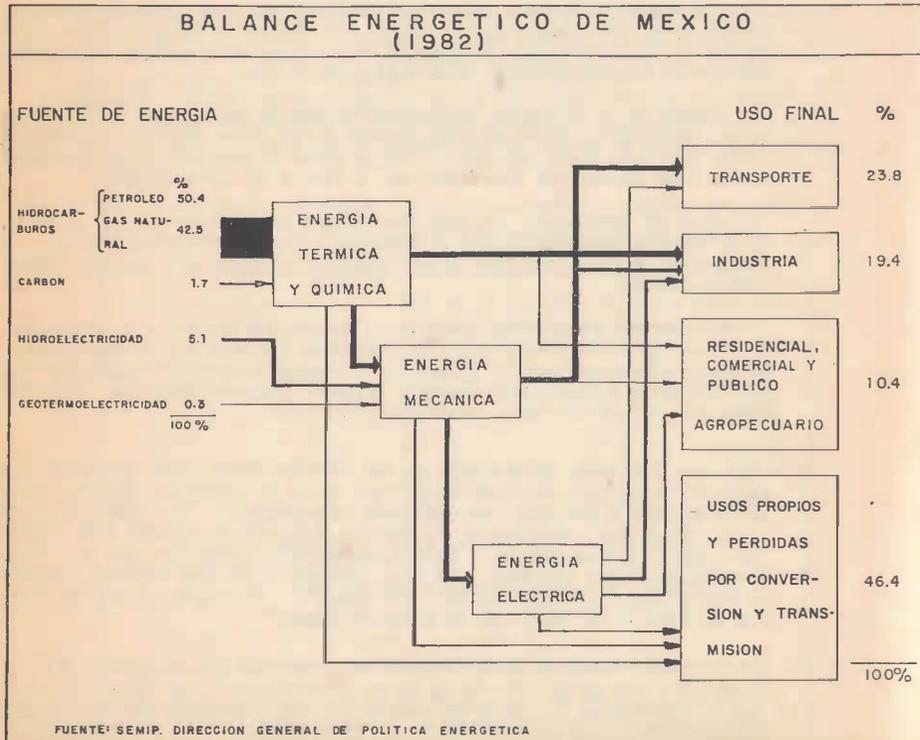


Figura 4.3

La energía interna de la tierra (geotermia) se transforma también a energía mecánica y posteriormente a energía eléctrica. Estas transformaciones son indispensables para adecuar la energía de las fuentes primarias a formas utilizables por el hombre, como se observa en el esquema de conversión de energía de la figura 4.4.

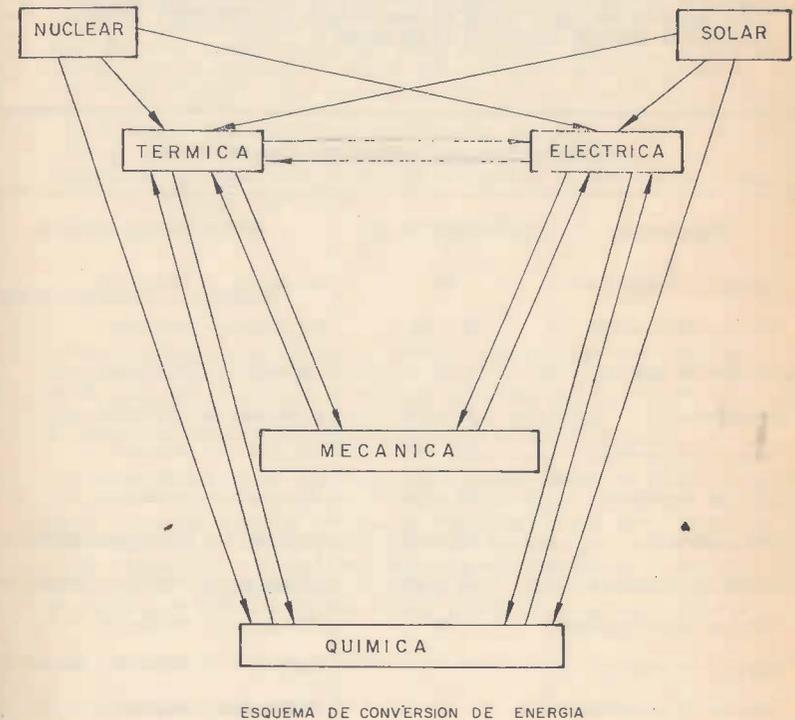


Figura 4.4

Resulta evidente que las transformaciones de un tipo de energía a otro no se hacen en un 100%, sino que existen ciertas pérdidas por fricción, (en el uso de la energía mecánica) por calentamiento, por transmisión (energía eléctrica), etc.

El rendimiento o eficiencia de conversión de la energía contenida en cualquier fuente primaria de energía a una forma útil varía ampliamente según el método empleado, el combustible utilizado y sobre todo el uso final que se desee. Cuando se quema madera o carbón con fines de calefacción, la energía irradiada a la habitación no excede el 20%, y el resto escapa por la chimenea. Sin embargo, una estufa bien diseñada con los mismos combustibles podría llegar al 75%. El rendimiento medio de conversión de los hidrocarburos para calefacción es del 50% al 55%, tres veces más que a fin del siglo pasado.

En el cuadro 4.3 se pueden observar algunos rendimientos que oscilan entre el 99% para la conversión de energía mecánica o eléctrica en grandes generadores hasta un 5% en una lámpara incandescente normal, que convierte energía eléctrica en radiante.

RENDIMIENTOS DE CONVERTIDORES DE ENERGIA		
DISPOSITIVO	RENDIMIENTO (%) (1)	CONVERSION DE ENERGIA
Generador eléctrico	99	Mecánica - Eléctrica
Motores eléctricos	80 - 95	Eléctrica - Mecánica
Estufas de gas	85	Química - Térmica
Baterías	70 - 85	Química - Eléctrica
Estufa de petróleo	60 - 70	Química - Térmica
Turbina de vapor	45 - 50	Térmica - Mecánica
Motor diesel	30 - 40	Química - Térmica - Mecánica
Motor de automóvil	20 - 30	Química - Térmica - Mecánica
Lámpara fluorescente	20	Eléctrica - Radiante
Máquina de vapor	10 - 15	Química - Térmica - Mecánica
Lámpara incandescente	5	Eléctrica - Radiante

(1) Cociente de la energía o trabajo realmente aprovechado entre la energía o trabajo suministrado.

Cuadro 4.3

Por ejemplo en la máquina de vapor, no existe ningún impedimento científico por el cual el calor producido tenga que desperdiciarse. El medio está en encontrar alguna utilidad a esa energía degradada. Evidentemente existen soluciones, como el sistema de cogeneración, donde el calor remanente se utiliza para el incremento de la temperatura en otras partes del proceso o para la simple calefacción. En algunos casos resulta económico su uso; sin embargo, todavía existen limitaciones económicas para su habilitación.

Resulta entonces de capital importancia la intervención de los ingenieros en el incremento del rendimiento de los procesos de conversión de energía contenida en diversos combustibles a otras fuentes más útiles. Este incremento en la eficiencia de conversión se traduciría en menores costos de operación, uso más racional de los energéticos y sobre todo reducción en la contaminación del medio ambiente. Más aún, no sólo el incremento en la eficiencia sino el desarrollo de nuevos procesos en la conversión de diversos tipos de energía que aún se encuentran en desarrollo.

En el cuadro 4.4, pág. 120 se muestran los diversos procesos de conversión de energía, algunos de los cuales ya son comerciales como la fisión; otros están en experimentación como la fusión, y otros están, solamente, como conocimiento científico.

FUENTES PRIMARIAS DE ENERGIA

Como se vio anteriormente, la biósfera como sistema tiene entradas de energía, que provienen del exterior de ella y del interior de la Tierra. Estas entradas de energía al sistema "biósfera" se le conocen como fuentes primarias de energía (véase figura 4.1, pág. 110) debido a que no se ha producido ninguna transformación antes de su utilización.

Por su naturaleza, el suministro de algunas fuentes primarias de energía se vuelve a generar parcial o totalmente en el curso del ciclo solar anual. La energía solar, eólica, la hidráulica y los combustibles de origen vegetal se encuadran dentro de estas fuentes y se conocen como energéticos renovables. No así los combustibles minerales y la energía nuclear que se consideran como no renovables. En la figura 4.5, pág. 121, se muestra la división de las fuentes primarias y sus usos finales.

RECURSOS ENERGETICOS NO RENOVABLES

A continuación se explicará de manera somera lo que se entiende por los principales energéticos no renovables.

Por hidrocarburo se entiende el conjunto de petróleo crudo, gas natural y líquidos del gas; compuesto por el 83% de carbono y del 11% al 14% de hidrógeno, así como aquel contenido en las lutitas bituminosas y arenas asfálticas.

ESQUEMAS DE CONVERSION DE ENERGIA

DE \ A	Térmica	Mecánica	Química	Nuclear	Eléctrica/Magnética	Radiante
Térmica	- Conducción	- Convección - Expansión - Contracción	- Reacciones químicas endotérmicas	- Fusión	- Magnetohidrodinámica (MHD) - Termoionicidad - Termoelectricidad	- Incandescencia - Termoluminiscencia
Mecánica	- Fricción - Compresión - Expansión	- Cinemática	- Reacción por impacto - Reacción por presión	- Reacciones por partículas aceleradas - Producción de isótopos	- Dispositivos piezoeléctricos - Triboelectricidad	- Triboluminiscencia
Química	- Reacción química exotérmica (combustión)	- Explosión	- Reacción química - Transformación biológica	- Alquimia	- Baterías	- Bioluminiscencia
Nuclear	- Fisión - Fusión - Decaimiento radiactivo	- Propulsión nuclear	- Reacción química inducida por partículas de alta energía	- Producción de isótopos - Fisión - Fusión	- Decaimiento isotópico	- Decaimiento isotópico
Eléctrica/Magnética	- Efecto Joule (calentamiento por microondas) - Histéresis	- Atracción-repulsión	- Electrólisis	- Reacción inducida por partículas neutras o cargadas con alta energía	- Corrimiento de frecuencia - Transformación - Efecto Hall	- Corrimiento de frecuencia - Oscilación
Radiante	- Absorción	- Presión por radiación	- Fotosíntesis - Fotólisis	- Fotofisión	- Efecto fotoeléctrico	- Luminiscencia - Fosforescencia - Corrimiento de frecuencia

Cuadro 4.4

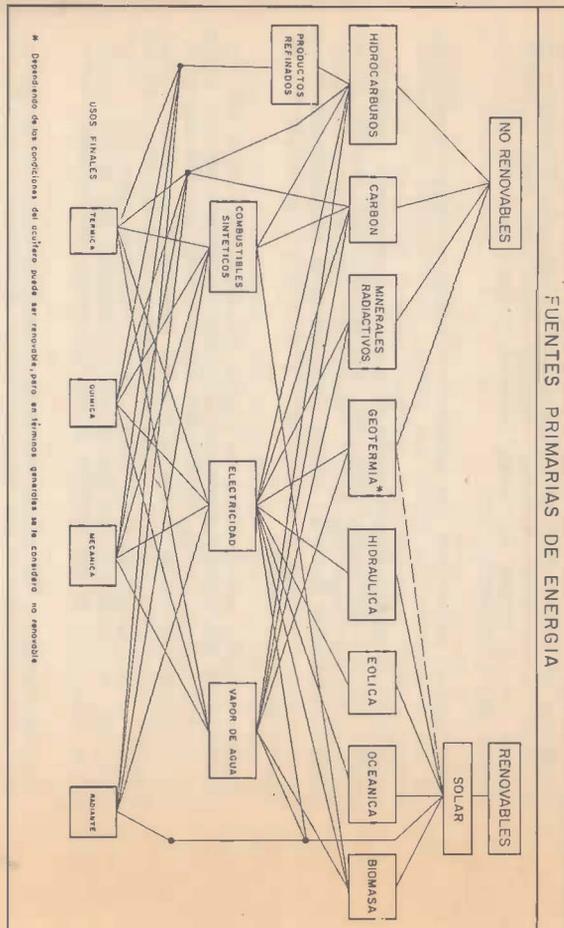


Figura 4.5

El petróleo crudo es una mezcla líquida de proporciones ampliamente variables de hidrocarburos, que contiene como impurezas principales pequeñas cantidades de azufre, oxígeno y nitrógeno, así como huellas de vanadio, níquel y cobre.

El gas natural es una mezcla gaseosa de hidrocarburos que contiene como impurezas, cantidades variables de nitrógeno, ácido sulfhídrico y dióxido de carbono, así como helio.

Los líquidos del gas natural son aquellos que se separan del gas natural húmedo mediante determinada tecnología, que puede ser: planta de adsorción, absorción y criogénica.

La lutita bituminosa (llamada también esquistos bituminosos) es una roca sedimentaria que contiene materias orgánicas sólidas que pueden extraerse en forma líquida o gaseosa mediante calor.

Las arenas asfálticas (también conocidas como "arenas petrolíferas" o "arenas impregnadas de breña") son arenas y areniscas impregnadas de petróleo pesado, el cual es petróleo crudo de elevada viscosidad (con gravedad específica de 0.934 o más) que en muchos casos impide que se recupere de los pozos mediante métodos normales de producción.

El carbón mineral es un energético sólido, de origen orgánico, compuesto por carbono, hidrógeno y oxígeno; con pequeñas cantidades de azufre y nitrógeno, así como cantidades variables de "ceniza". Muchas veces se hace referencia al "carbón todo uno", concepto que incluye tanto al carbón mineral como al material arcilloso, estéril interstratificado con los cuerpos de carbón mineral.

Los minerales radiactivos son compuestos químicos naturales caracterizados por su radiactividad natural que permite su utilización como combustibles nucleares, a través de su eventual fusión o fisión en reactores. Actualmente se considera únicamente al uranio como el mineral radiactivo económico aplicable a nivel comercial; sus reservas como energético se reportan en "torta amarilla U_3O_8 ". Esta es un concentrado metalúrgico primario de algunas menas de uranio. Por convención internacional la reserva de uranio se reporta en tonelaje equivalente a este compuesto metalúrgico (óxido de uranio).

Resulta evidente que al hablar de fuentes primarias de energía de tipo renovable, no hace falta cuantificar el volumen de energía que se puede aprovechar, puesto que resultaría prácticamente infinito. Sin embargo al mencionar las fuentes no renovables resulta imperativo cuantificar la cantidad del material existente y saber de antemano que algún día, cercano o lejano, se tendrá que agotar y debemos estar preparados para ello. Para tener una base común a nivel mundial en la cuantificación de los recursos no renovables se han establecido las siguientes definiciones:

- a) Recursos.- Es la cantidad total de hidrocarburos, carbón mineral (todo uno) y minerales radiactivos (equivalente de U_3O_8) existentes en la corteza terrestre, medida a condiciones atmosféricas.
- b) Reserva.- Es la porción recuperable del recurso.
- c) Reserva Probada.- Es la cantidad medida, que puede explotarse económicamente con los métodos y sistemas de extracción aplicables. Este término es equivalente a reserva positiva, evaluada, recuperable y cuantificada.
- d) Reserva Potencial Neta.- Es la cantidad inferida, que se supone explotable en áreas o provincias en donde la información geológica y geofísica disponible, indica la presencia de factores favorables para la existencia de energéticos, excluyendo las áreas de las reservas probadas.
- e) Reserva Potencial Original.- Es la cantidad obtenida de sumar la producción acumulada, la reserva probada y la potencial neta.
- f) Reserva Original Probada.- Es la cantidad obtenida de sumar, a la reserva probada, la producción acumulada.

HIDROCARBUROS.- Los hidrocarburos son restos de materia orgánica reducida por descomposición a un estado en que el carbono y el hidrógeno son los principales elementos. Estos elementos se combinan en una gran variedad de maneras para formar moléculas de sustancias conocidas, como el petróleo y el gas natural. La característica que distingue a las moléculas de los diferentes hidrocarburos es el número de átomos de carbono que contiene. Por ejemplo, un átomo de carbono combinado con cuatro de hidrógeno constituyen al metano.

Los depósitos naturales de petróleo contienen una mezcla de muy diferentes tipos de hidrocarburos. Se les separa por medio de un proceso industrial conocido como "destilación fraccionada", que se basa en el principio de que las moléculas más livianas se volatizan más fácilmente que las pesadas y a menores temperaturas.

La mayor parte del petróleo (del latín *petra*, "roca", y *oleum*, "aceite"; aceite de roca) y del gas natural se han formado a partir de restos orgánicos, depositados originalmente en un ambiente marino sedimentario. Un ejemplo moderno de tal ambiente es el Mar Negro, donde el agua circula muy lentamente y los sedimentos del fondo contienen hasta un 35% de materia orgánica en contraste con un 2.5%, que es lo normal en los sedimentos marinos. Cuando los restos orgánicos sufren putrefacción en un ambiente similar, se produce un lodo viscoso negro, llamado sapropel (del griego *sapros* "podrido" y *pelagos* "mar").

El sapropel considerado como la sustancia origen del petróleo y gas natural, tiene las condiciones propicias para su formación en las cuencas marinas o salobres con aguas estancadas. El paso de sapropel a petróleo es muy complejo y en él intervienen procesos bioquímicos e inorgánicos. De una manera simplificada, podrían resumirse estos procesos considerando que parte de la materia orgánica es oxidada, pasando a CO_2 , y parte es reducida, originándose hidrocarburos.

Para la formación de un depósito de petróleo o gas natural se requieren tres condiciones: 1) rocas generadoras que den origen a los hidrocarburos; 2) una roca almacenadora suficientemente porosa e impermeable, a la cual puedan migrar los hidrocarburos y 3) una trampa en algún lugar de la capa almacenadora, para que queden aprisionados los hidrocarburos.

Las rocas generadoras más importantes son las lutitas marinas, las areniscas o arenas, ciertas calizas, especialmente las de origen arrecifal, y otras que también pudieran haber generado petróleo.

El sitio en el que se puede encontrar una acumulación de petróleo o gas natural depende de las leyes que rigen la migración de estas sustancias hacia las rocas almacenadoras.

La simple gravedad parece explicar la posición de muchos depósitos. De acuerdo con la "teoría gravitacional", si existe aceite, gas y agua en una roca almacenadora, el aceite y el gas al ser más ligeros que el agua, subirán a la parte superior, quedando el gas encima. Si el depósito se debe a una trampa formada por un domo o un anticlinal cubierto por una

formación impermeable, el aceite y el gas se acumularán en la cresta del anticlinal o domo. Esta teoría anticlinal de la acumulación, que representa un aspecto de la teoría gravitacional, ha demostrado ser una valiosa guía a los explotadores y ha conducido al descubrimiento de muchos yacimientos de hidrocarburos.

Como corolario a la teoría gravitacional, si no existe agua, el aceite se acumulará en la parte baja del sinclinal con el gas sobreyaciéndolo.

Otra condición importante en la teoría gravitacional, es la trampa estratigráfica que se forma cuando, en presencia de agua, quedan aprisionados aceite y gas por una zona de permeabilidad reducida, que impide su migración ascendente. Esta situación se puede desarrollar, por ejemplo, a lo largo de antiguas líneas de costa o barras de arena, donde existe un cambio de fase horizontal de arena a arcilla. El camino ascendente del petróleo y el gas a través de una roca permeable puede que dar interrumpido por una capa impermeable en una discordancia a lo largo del plano de una falla.

Las principales trampas estratigráficas son: anticlinal, falla, discordancia, arrecife o combinación de varios tipos de trampa.

La localización de mantos petrolíferos se hizo en un principio de un modo empírico, guiado por ciertas manifestaciones superficiales. Posteriormente, la técnica exploratoria consistió en perforar pozos de cateo, siguiendo las tendencias marcadas por las zonas productoras, con el resultado de que muchos pozos se localizaban al azar. Más recientemente intervinieron los geólogos que con mayor conocimiento del terreno dieron muchos resultados positivos. En la actualidad, la exploración lleva a cabo los geofísicos, haciendo uso de la fotogeología, así como de magnetómetros, gravímetros y sismógrafos, pudiéndose asegurar que se tienen localizadas gran parte de las reservas del mundo.

Una vez que se consideran satisfactorios los trabajos de exploración, se construye el camino de acceso, se transportan materiales y equipo y se procede a la perforación del pozo cuyo trabajo, se desarrolla en forma continua durante las veinticuatro horas del día.

El petróleo está encerrado en mantos más o menos grandes, solo o acompañado de agua y gases que lo comprimen y lo obligan a subir por el tubo sonda hasta la superficie de la tierra; en este caso el flujo es natural. Pero es frecuente que no se tenga flujo, en cuyo caso se instala un equipo de bombeo o métodos artificiales de producción. La tubería de descarga conduce el producto a tuberías de separación de los gases del líquido, los cuales son llevados a las plantas de tratamiento adecuadas.

La profundidad de los pozos es variable, normalmente inferior a 5 000 metros, pero se han perforado pozos de hasta de 7 000 metros. Los pozos suelen dar en los primeros dos años de explotación hasta el 75% de su producción total, y sólo un 25% en los años restantes, con decremento progresivo. La producción de los pozos es circunstancial. En México ha habido pozos como el Casiano número 7 que empezó con una producción diaria

de 70 mil barriles en 1910; el Cerro Azul número 4 que brotó en 1916, con siderado el más grande del mundo en cuanto a producción diaria, derramó 1.4 millones de barriles antes que pudiera ser captado y después produjo 50 000 barriles diarios, dando hasta 1937, 111 millones de barriles.

El petróleo.— El petróleo crudo es un líquido oleaginoso, inflamable, de olor característico, compuesto fundamentalmente por una solución muy compleja de hidrocarburos, con densidad entre 0.765 y 0.960, dependiendo ésta del contenido de gases disueltos en él. La composición química y las propiedades físicas varían considerablemente según el yacimiento de donde proviene. El petróleo contiene de 50 a 98% de hidrocarburos muy varios, desde los muy ligeros como el metano que destila a temperatura y presión normales hasta los muy pesados como la parafina y el alquitrán. El resto son materias orgánicas que contienen oxígeno, nitrógeno, azufre y trazas de compuestos orgánicos metálicos.

Más del 80% de las reservas de petróleo comprobadas en el mundo, de casi 680,000 millones de barriles, se encuentra en el Oriente Medio, América del Norte y los países de economías centralmente planificadas; (ver cuadro 4.5, pág. 126); estas regiones representan una proporción semejante (74%) de la producción mundial de petróleo. Las reservas descubiertas hasta la fecha han ido en aumento constante por la urgencia de descubrir nuevas; en parte, a través del aumento del ritmo de las actividades de exploración en los países en desarrollo, y por otra parte, a la inclusión de reservas que anteriormente no eran económicamente aprovechables. Esto se ve acentuado por el hecho de que el consumo mundial de petróleo aumenta actualmente casi con la misma rapidez con que se explotan las reservas adicionales.

Cabe señalar, que en 1979 se alcanzó un nivel de producción sin precedentes de 22,800 millones de barriles, en tanto las reservas de petróleo comprobadas en el mundo disminuyeron en 9.8 millones de barriles. Esta disminución no fue mayor gracias al descubrimiento y explotación de nuevas y considerables reservas en México. En todas las demás regiones, incluido el Oriente Medio, las reservas comprobadas disminuyeron durante el año. Si bien se comprobaron reservas adicionales en unos pocos países en desarrollo importadores de petróleo (Brasil, Camerún y Ghana), la situación global de reservas del grupo se deterioró durante el año y disminuyó de 32,800 millones a 30,700 millones de barriles.

A partir de 1980 la producción mundial de crudo a disminuido, alcanzando en 1983 la cifra de 19,351 millones de barriles; en cambio las reservas probadas de petróleo crudo han aumentado 34,165 millones de barriles de 1979 a 1982 (ver cuadro 4.6, pág. 127). En 1983 México participó en la producción mundial con 2 688 279 de barriles diarios.

La recuperación mejorada o secundaria del petróleo de yacimientos "agotados" es físicamente posible debido a que en la fase inicial de explotación se recupera por lo general sólo un 10% a 30% del petróleo in situ. El petróleo restante debe recuperarse mediante la estimulación artificial del yacimiento, para lo cual se han desarrollado varias técnicas, que consisten en inyectar agua o gases, a veces mezclados con productos químicos especiales, al yacimiento para empujar el petróleo restante hacia los pozos en producción. Se requiere una cuantiosa inversión de capital para los pozos inyectoros, el equipo de bombeo, los separadores de agua y gas y el equipo de eliminación de agua. Dados los nuevos precios de la energía, resulta atrayente incurrir en estos gastos.

Se prevé que entre un 30% y un 50% de la futura producción de petróleo en los Estados Unidos y el Canadá provendrá de la recuperación mejorada. En cambio, en los países en desarrollo hay actualmente en estudio muy pocos proyectos de recuperación mejorada, aunque la producción de los yacimientos antiguos está disminuyendo. Las posibilidades de aumentar la producción de petróleo mediante la recuperación mejorada no han sido sistemáticamente evaluadas en estos países.

RESERVAS MUNDIALES PROBADAS DE PETROLEO	
AL 31 DE DICIEMBRE DE 1983	
(En millones de barriles)	
PAIS	RESERVA
Arabia Saudita	166,000
Kuwait	63,900
U.R.S.S.	51,000
Irán	57,096
México*	57,096
Irak	43,000
Argelia	9,220
Estados Unidos	27,300
Libia	21,270
China	19,100
Venezuela	24,850
Nigeria	16,550
Reino Unido	13,150
Canadá	6,730
Noruega	7,660
Zona Neutral	5,695
Otros países	35,157
TOTAL MUNDIAL	* 678,398

Fuentes: World Oil, World Petroleum Report, Oil and Gas Journal y Petróleos Mexicanos. (Anuario estadístico 1983).

* Incluye condensado. Si se incluye el gas seco convertido a líquido la reserva asciende a 72,500 millones de barriles.

Cuadro 4.5

LA PRODUCCION MUNDIAL DEL PETROLEO Y RESERVAS COMPROBADAS EN 1979 y 1983				
(Millones de barriles)				
	PRODUCCION		RESERVAS (1)	
	1979	1983	1979	1983
América del Norte	4 234	4 649	66 860	91 126
América del Sur	1 376	1 234	25 223	33 676
Asia y Oceanía	9 555	6 182	401 302	410 670
Europa (incl. URSS)	5 222	5 704	93 776	86 019
África	2 451	1 582	57 072	56 907
<u>Total</u>	22 838	19 351	644 233	678 398

(1) Los datos se refieren a reservas al 31 de diciembre de cada año.

Fuente: Anuario estadístico 1983 de Petróleos Mexicanos.

Cuadro 4.6

Refinación.- El método primario de refinación es la destilación fraccionada, que permite obtener diferentes productos. No obstante que no exista una clasificación mundial normalizada de estos productos, se pueden distinguir:

1. Los productos blancos como: bencinas (éter, nafta ligera y ligroína); gasolinas (aviación, turismo y pesada); aguarrás mineral (liviano, semipesado y pesado); queroseno; gas-oil o diesel.

2. Mazut o residuo de la destilación, de donde se obtiene el fuel oil o combustóleo, aceites lubricantes, parafina, brea y coque.

Otros métodos de refinación son: 1) El "cracking" catalítico que consiste en someter el petróleo o los productos pesados de la destilación fraccionada a elevada presión y alta temperatura, en presencia de un catalizador, lo que produce la rotura de las grandes moléculas compuestas por numerosos átomos de carbono, transformándolas en moléculas de menor número de carbonos que son más livianas. 2) La hidrogenación, que es el mismo "cracking" catalítico en una atmósfera de hidrógeno, con lo cual los hidrocarburos no saturados absorben hidrógeno. 3) La polimerización, que también es un "cracking" catalítico, con un tipo de catalizador que permite combinar gases volátiles ligeros y formar gasolina. 4) El "cracking térmico", que se emplea para transformar los aceites densos en gasolina mediante la aplicación de elevadas temperaturas y presiones durante un tiempo determinado.

Las refinerías de petróleo constituyen un eslabón fundamental en el proceso de conversión de petróleo crudo en productos refinados que necesitan los consumidores. Las grandes y complejas refinerías de los países desarrollados tienen una capacidad de elaboración primaria que varía en tre 100,000 y 600,000 barriles diarios. Las de los países en desarrollo, con algunas excepciones como Brasil y México, por lo general tienen una capacidad menor de 100,000 barriles diarios y en muchos oscila entre 20,000 y 50,000 barriles al día. La capacidad mundial de refinación al 31 de diciembre de 1983 es de 75 238 000 barriles diarios, en la que México participa con 1 300 000 barriles diarios.

El petróleo es también materia prima de muchos productos que tienen una gran importancia en el mercado, como son fertilizantes, fibras sintéticas, plásticos, hules y detergentes. El tratamiento químico del petróleo para la elaboración de todos estos productos constituye lo que se denomina petroquímica.

Gas Natural.- La expresión "gas natural" se refiere a hidrocarburos, entre los que ordinariamente predomina el metano, que se encuentran en estado gaseoso en yacimientos subterráneos. Pueden presentarse solos (gas no asociado) o junto con el petróleo crudo (gas asociado). Este último se presenta como gas libre encima del petróleo (casquete gasífero) y también disuelto en el petróleo (gas disuelto). La producción del gas asociado disuelto en el petróleo depende de la producción del mismo, y por lo tanto se interrumpe cada vez que la producción de petróleo se detiene por razones económicas o de otra índole. Por consiguiente, la utilización del gas asociado tiene que contar con el respaldo de equipos que pueden utilizar un combustible de sustitución (en el mercado interno) o del abastecimiento de gas no asociado (en el mercado interno y para la exportación). La producción de gas no asociado depende de la estructura y características del yacimiento y por lo tanto se explota de acuerdo con el volumen del mercado y la viabilidad general del proyecto.

El gas natural puede contener como impurezas proporciones considerables de gases que no son hidrocarburos. La mayoría de los gases naturales contienen proporciones pequeñas de hidrocarburos más pesados, además del metano, que pueden fácilmente reducirse a forma líquida en la superficie mediante refrigeración o compresión. Estos gases, llamados "húmedos", pueden elaborarse para producir gas natural licuado (GNL), que también se conocen como gasolina natural o de cabeza de pozo, y gases de petróleo licuado (GPL), que consisten en propano y butano.

Históricamente, el petróleo como combustible presentaba ventajas fundamentales frente al gas. Podía transportarse fácilmente y mediante la refinación se elaboraban varios productos que atendían diferentes mercados, y tenía un contenido más elevado de energía en relación con su volumen. Las características físicas del gas, y en especial las dificultades para transportarlo, limitaban su participación en el crecimiento del comercio internacional de energéticos. Hasta que, en el decenio de 1960 se elaboraron técnicas para el transporte marítimo del gas natural licuado (GNL), el comercio internacional dependía de tuberías terrestres.

El aprovechamiento del gas para uso doméstico en los países en desarrollo siempre ha estado limitado porque los mercados rara vez han sido suficientemente grandes y concentrados para absorber el elevado costo de

las tuberías e instalaciones de distribución, y por consiguiente no han podido hacer que el gas compita con los productos de petróleo (principalmente el petróleo residual). Por lo tanto, allí donde no existía ya un mercado local, el gas asociado generalmente se ha quemado o liberado en la atmósfera y los nuevos yacimientos no se han explotado.

Las reservas mundiales de gas natural se estiman actualmente en alrededor de 640,400 millones de barriles equivalentes de petróleo (véase cuadro 4.7), lo que representa el 94% de las reservas comprobadas de petróleo y el 20% de las de carbón. Más del 80% de las reservas de gas se encuentran en América del Norte, el Oriente Medio y los países con economía de planificación centralizada, incluida China.

RESERVAS MUNDIALES PROBADAS DE GAS AL 31 DE DICIEMBRE DE 1983	
(En millones de barriles equivalentes de petróleo)	
PAIS	TOTAL
U.R.S.S.	280 000
Irán	96 000
Estados Unidos	39 600
Arabia Saudita	24 200
Canadá	18 200
México	15 400
Venezuela	11 000
Nigeria	7 000
Kuwait	6 200
Iraq	5 800
China	6 000
Indonesia	6 000
Malasia	9 600
Noruega	11 800
Argelia	22 000
Holanda	10 000
Katar	12 400
Otros países	59 200
TOTAL MUNDIAL	640 400
Fuentes: Anuario estadístico 1983 de Petróleos Mexicanos.	

Hasta ahora los descubrimientos de gas fuera de los Estados Unidos, Europa Occidental y la URSS no han sido cabalmente evaluados y las estimaciones de las reservas deben considerarse con cautela.

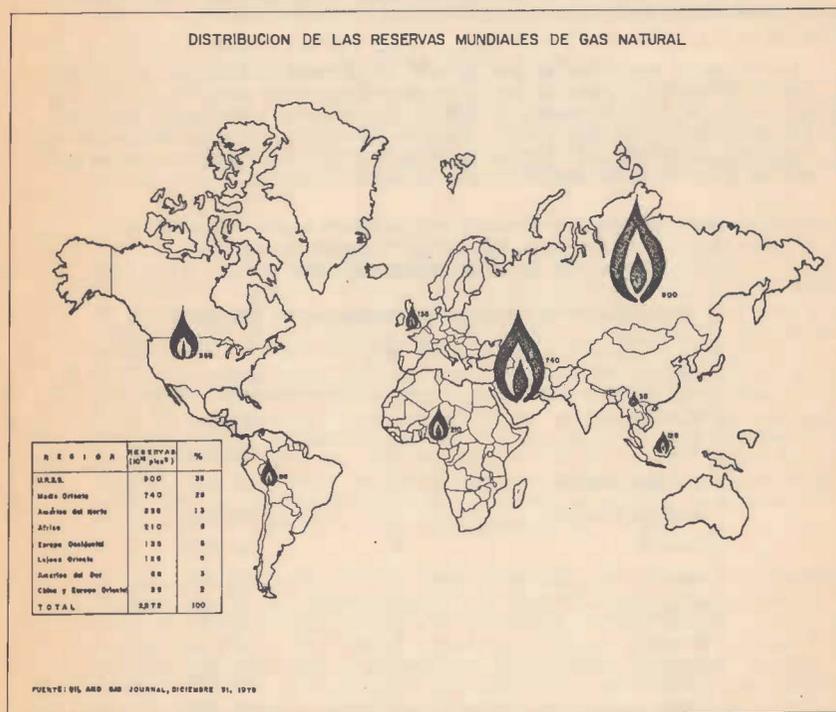


Figura 4.6

En los últimos diez años los nuevos descubrimientos añadidos a las reservas de gas han sido equivalentes a las adiciones de reservas de petróleo (alrededor de 290,000 millones de barriles) y en promedio el doble del nivel del consumo de gas. Según algunas estimaciones, las reservas mundiales recuperables definitivas de gas son como mínimo iguales a las de petróleo (1,9 billones de barriles) o aproximadamente el cuádruplo de las reservas actualmente comprobadas de gas (véase cuadro 4.8, pág.131). Se conoce mejor la disponibilidad de gas asociado que se produce con el petróleo. En el cuadro 4.9, pág.132 se observa que el 40% del gas producido en asociación con el petróleo se quema o se libera en la atmósfera.

RESERVAS MUNDIALES COMPROBADAS DE GAS NATURAL /a						
	Gas asociado		Gas no asociado		Total	
	Miles de millones bep. /b	%	Miles de millones bep.	%	Miles de millones bep.	%
Países industrializados						
Estados Unidos	11.970	9	25.450	8	37.420	8
Europa Occidental	7.480	6	18.610	6	26.090	6
Otros	2.950	2	14.380	4	17.330	4
Total Parcial	22.400	17	58.440	18	80.840	18
Países con economías de planificación centralizada						
OPEP	18.030	14	150.000	47	168.030	37
Total:	133.280	100	322.370	100	455.650	100
/a Las estimaciones de las reservas comprobadas de gas se basan en datos de 1978, los más recientes disponibles con desglose de las reservas totales en gas asociado y no asociado. En el Cuadro II.1 del Anexo II se dan las reservas comprobadas de gas al 1 de enero de 1980 por países y, donde se dispone de la información, un desglose entre gas asociado y no asociado.						
/b Barriles equivalentes de petróleo.						
Fuentes: BEICIP; Petroleum Economics, Ltd., Citado en la energía en los países en desarrollo. Banco Mundial, Washington, Agosto de 1980.						

Cuadro 4.8

Durante el período de 1965-1978, la proporción de gas natural en el consumo mundial de energía ha permanecido casi constante, en alrededor del 18%. En 1978 el consumo mundial de gas era de cerca de 8,900 millones de barriles equivalentes de petróleo (Mbp), de los cuales unos 5,600 Mbp y 2,500 Mbp fueron utilizados respectivamente por los países desarrollados y las economías de planificación centralizada.

PRODUCCION MUNDIAL DE GAS ASOCIADO, 1978
(millones de barriles equivalentes de petróleo)

	Producción	Gas quemado en la atmósfera	Porcentaje de la producción quemada en la atmósfera
Africa	330	265	80
América Latina	390	120	31
América del Norte	770	40	5
Asia/Oriente Medio	1.300	770	59
Europa Occidental	80	60	75
Europa Oriental	620	130	21
<u>Total</u>	<u>3.490</u>	<u>1.385</u>	<u>40</u>

Fuente: BEICIP, 1980; De Golyer MacNaughton: *Petroleum Statistics* 1979; estimaciones del personal del Banco Mundial.

Cuadro 4.9

En los países en desarrollo el gas natural representó menos del 10% del consumo total de la energía comercial primaria ese año; o sea, de un consumo de gas de aproximadamente 600 Mbep, 175 millones se utilizaron en Rumania, aproximadamente 220 millones en Argelia, Argentina, México y Pakistán, y otros 180 millones en 10 países en desarrollo cuyo consumo de gas fue superior a los 7 Mbep al año. El saldo se repartió entre un mayor número de países en desarrollo cuyo consumo individual no excedió los 1.5 Mbep al año como promedio.

Los gobiernos de los países productores se dan cuenta del enorme derroche de gas asociado y han adoptado medidas ya sea para reinyectar el gas o para tratarlo a fin de extraer GPL o GNL. Esas medidas deben producir volúmenes considerables de ambas categorías de gas en el decenio de 1980. Estimaciones preliminares indican que si se realizaran esfuerzos sistemáticos para recuperar líquidos de gas natural en los países en desarrollo que actualmente se considera que tienen potencial de gas natural, el GPL y el GNL podrían contribuir con alrededor de 700 a 1,000 Mbep al abastecimiento interno en 1990.

Las proyecciones actuales relativas a la oferta y la demanda de gas natural en los países industrializados (excluidas la URSS y Europa Oriental) señalan que se prevé que su producción total seguirá siendo de 5,500 a 5,600 millones de barriles equivalentes de petróleo al año, hasta 1990; las razones principales de esto son la disminución prevista de la producción en los Estados Unidos y el crecimiento moderado de la producción en el Mar del Norte, que deberá alcanzar su punto máximo entre 1985 y 1990, a menos que se comprueben recientes descubrimientos y se exploten más rápidamente de lo previsto.

El consumo en los Estados Unidos, el Japón y Europa Occidental debe aumentar de 6,000 millones de bep en 1980 a unos 7,300 millones de barriles equivalentes de petróleo en 1990. Por consiguiente, debe crearse un mercado apreciable para las importaciones de GNL provenientes de los países en desarrollo en los años ochenta y posteriormente. De acuerdo con los compromisos existentes, las exportaciones provenientes de los países en desarrollo deben ascender a unos 400 millones de bep en 1985 y a 800 millones de bep en 1990. Véase figura 4.7

COMERCIO MUNDIAL DE GAS NATURAL LICUADO (GNL)

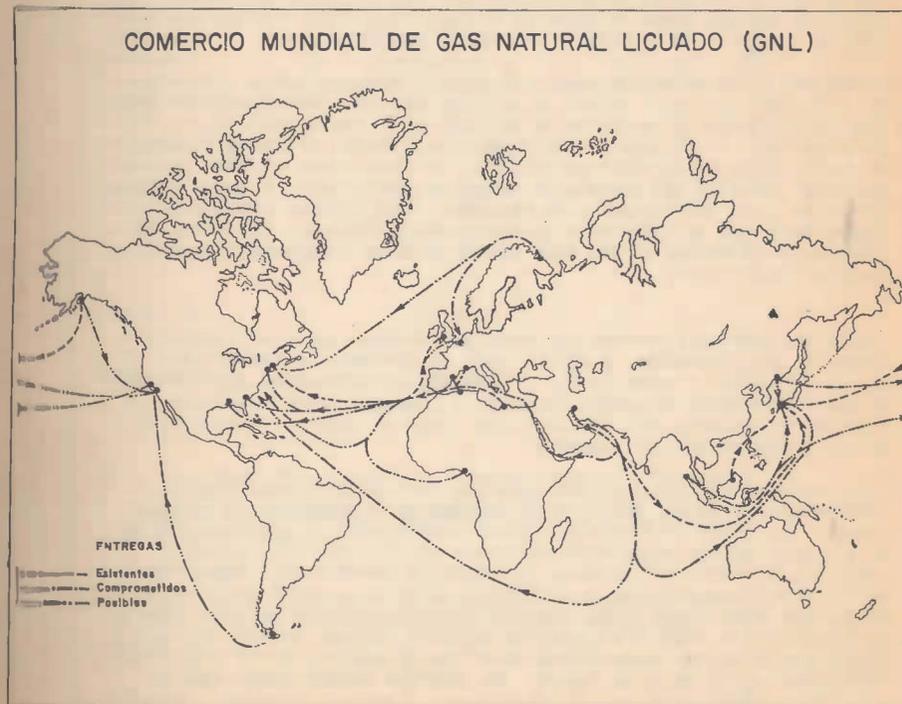


Figura 4.7

Petróleo Pesado y Arenas Asfálticas.- El precio actual del petróleo ha elevado a más del doble las reservas recuperables de petróleo en el mundo al hacer económicamente viable explotar un número creciente de yacimientos de petróleo pesado. Las reservas mundiales de petróleo pesado son probablemente mayores que las reservas conocidas de petróleo crudo convencional; se estima que ascienden hasta los 3 billones de barriles de petróleo en el lugar de origen, lo que puede compararse con la cifra estimada de 162,400 millones de barriles de petróleo tradicional en los yacimientos de Arabia Saudita.

En el curso normal de las operaciones de la industria petrolera en Canadá, Estados Unidos y Venezuela se producen cantidades apreciables de petróleo crudo, pero la mayor parte de las reservas conocidas no se han explotado hasta ahora porque son difíciles de extraer de la roca en que están almacenadas. Un volumen considerable de estas reservas se encuentra en Canadá y Venezuela, pero se sabe que en varios países en desarrollo existen depósitos de petróleo pesado que no han sido cabalmente evaluados como en Colombia, Madagascar, Marruecos, Perú, la República Popular del Congo, Senegal, Túnez y Turquía (véase cuadro 4.10, pág. 135).

En la actualidad no es posible determinar con exactitud qué volumen de petróleos pesados pueda recuperarse en definitiva, pero incluso una tasa baja de recuperación produciría cantidades considerables.

Parte del petróleo pesado puede recuperarse mediante bombeo convencional, al igual que en el pasado, o mediante técnicas de recuperación mejorada en las cuales el petróleo se calienta en el yacimiento, ya sea inyectando vapor en el pozo o inyectando aire y luego inflamando y quemando parte del petróleo en el yacimiento. En ambos casos el calor que se aplica al petróleo del yacimiento reduce su viscosidad y le permite fluir hacia los pozos de los cuales se recupera. Otro sistema consiste en la inyección de gas de dióxido de carbono en el yacimiento, donde es absorbido por el petróleo; el gas hace que el petróleo se expanda y también reduce su viscosidad.

Todos los petróleos pesados son demasiado viscosos para ser bombeados a distancia por oleoductos, y por lo tanto es corriente refinarlos en el sitio de producción o cerca de él. El proceso de refinación, que representa parte importante del costo, incluye el "craqueo" para transformar el petróleo en productos más livianos, que luego se combinan nuevamente para ser transportados por tuberías.

Las arenas asfálticas, también conocidas como "arenas petrolíferas" e "impregnadas de brea", son un grado extremo de la presencia de petróleo pesado. Consisten en arenas o areniscas impregnadas de petróleo asfáltico viscoso y generalmente están expuestas en la superficie terrestre o cubiertas solamente por un manto delgado. El petróleo está inmobilizado en la arena a temperaturas superficiales normales y el único método económico que hasta ahora se ha inventado para recuperar el petróleo consiste en extraer la arena y el petróleo mediante lavados con agua caliente. La única explotación comercial de este tipo de depósito en la actualidad tiene lugar en el oeste de Canadá. Se sabe que existen otros depósitos en varios países, como Ecuador, Madagascar, Nigeria y Trinidad y Tobago.

RESERVAS MUNDIALES DE PETRÓLEO PESADO

135

PAIS	Reservas estimadas de petróleo en yacimientos (miles de millones de barriles) /a	Densidad media (grados API)
Albania	0.5	8° -
Angola	0.01	18° - 20°
Canadá	800 /b	- 10.5°
Colombia	Mediana /c	10° - 20°
Congo	Pequeña /c	n.d.
Costa de Marfil	Mediana /c	8° -
Cuba	Pequeña /c	8° -
Ecuador	Mediana /c	10° - 20°
Estados Unidos	29	8.6° - 12°
Gabón	0.3	15° - 20°
Ghana	Pequeña /c	8° -
Indonesia	0.5	15° - 20°
Irán	50.0	5° - 20°
Iraq	50.0	8° - 20°
Kuwait	15.0	10° - 20°
Madagascar	2.0	5° - 8°
Marruecos	Pequeña /c	15° - 20°
México	3.5	15° - 20°
Nigeria	0.5	15° - 20°
Omán	2.0	15° - 20°
Perú	1.5	n.d.
Rumania	0.02	15° - 20°
Senegal	Pequeña /c	n.d.
Siria	3.0	8° - 20°
Tailandia	Pequeña /c	n.d.
Trinidad y Tobago	0.05	8° - 10°
Turquía	3.0	9.7° - 20°
U.R.S.S.	0.02	n.d.
Venezuela	2,050.0	10° - 20°
Yugoslavia	Pequeña /c	17° -
TOTAL MUNDIAL	<u>3,010.90</u>	

n.d. Dato no disponible.

/a Las cifras de las reservas indican solamente órdenes de magnitud aproximados. Este cuadro representa la mejor estimación que puede hacerse a partir de la literatura disponible.

/b Esta cifra es un valor promedio.

/c Las reservas medianas son del orden de 1,000 a 5,000. Las reservas pequeñas son de menos de 1,000 millones.

Fuente: Citadas en: La Energía en los Países en Desarrollo, Banco Mundial, 1980.

Cuadro 4.10

Se prevé que los petróleos pesados harán sólo una pequeña contribución de 200,000 barriles diarios al abastecimiento de los países en desarrollo importadores de petróleo en la última parte del decenio de 1980. Los países más probables incluyen a Colombia, Madagascar, Senegal y Turquía, en donde ya se han identificado recursos. Si bien no es probable que las arenas asfálticas de los países en desarrollo sean aprovechadas durante el decenio venidero, los actuales precios mundiales del petróleo crudo hacen posible que muchos proyectos de petróleo pesado lleguen a ser económicamente viables.

Lutita Bituminosa.— La producción de petróleo a partir de la lutita bituminosa antecedió a la industria petrolera convencional y en la actualidad constituye un vasto recurso de bajo contenido de hidrocarburos que apenas se explota en forma limitada.

La lutita bituminosa consiste en roca sedimentaria de grano fino que contiene materias orgánicas sólidas que al calentarse se desintegran en petróleo y gas, pero no contiene petróleo libre. Las fracciones líquidas que resultan de calentar la lutita se parecen al petróleo crudo y pueden refinarse para obtener productos convencionales de petróleo como la gasolina, el gasóleo y el petróleo residual. A temperaturas más elevadas se forman productos más livianos y también más gas. La lutita bituminosa también puede además usarse directamente como combustible de baja calidad en calderas especialmente diseñadas para fines de generación de energía.

La lutita bituminosa se encuentra en muchos lugares y se estima que las reservas son muy cuantiosas. Estas suelen clasificarse desde el punto de vista de la cantidad de petróleo que se obtiene calentando una tonelada de lutita. Los yacimientos más ricos rinden entre 100 y 400 litros de petróleo por tonelada de lutita; la mayoría de los depósitos son de menor rendimiento. En el cuadro 4.11, pág. 137 se identifican reservas de lutita bituminosa que contienen más de tres billones de barriles de petróleo con un rendimiento de 40 litros por tonelada de lutita y más. Entre un 5% y un 10% de estas reservas son explotables con la tecnología y los precios actuales.

Se ha llevado a cabo relativamente poca exploración de depósitos de lutita bituminosa y es posible que las actuales reservas mundiales sean varias veces mayores que las ya identificadas.

Los países en desarrollo que se sabe tienen grandes yacimientos de lutita bituminosa son Brasil, China y Zaire. Los países con depósitos más pequeños pero sin embargo potencialmente explotables incluyen a Birmania, Jordania, Marruecos, Tailandia y Turquía. En el Brasil se ha construido una planta piloto de extracción de petróleo y Marruecos está estudiando la construcción de una central térmica de combustión de lutita de 250 MW y también la elaboración de un procedimiento modificado de destilación intermitente para la extracción de petróleo. Se ha informado asimismo que Jordania está considerando la posibilidad de construir una central térmica a base de lutita bituminosa.

RESERVAS MUNDIALES DE LUTITA BITUMINOSA /a	
(En miles de millones de barriles)	
Alemania (República Federal)	2.00
Argentina	0.38
Australia	0.25
Austria	0.01
Bélgica	0.69
Birmania	2.01
Brasil	800.64
Bulgaria	0.13
Canadá	44.00
Chile	0.02
China	27.90
Estados Unidos	2,166.20
Francia	0.44
Israel	0.02
Italia	n.d.
Jordania	0.04
Madagascar	0.03
Marruecos	0.59
Nueva Zelandia	0.25
Polonia	0.05
Reino Unido	1.00
Sudáfrica	0.13
Suecia	2.50
Tailandia	0.82
Turquía	0.02
U.R.S.S.	112.60
Yugoslavia	0.19
Zaire	100.64
TOTAL MUNDIAL	3,263.75

/a Las cifras de las reservas indican solamente órdenes de magnitud aproximados. Este cuadro representa la mejor estimación que puede hacerse a partir de la literatura disponible.

Fuentes: Budget d'exploitation des pyroschistes ou schistes bitumineux: Données générales et perspective d'avenir, Revue de l'Institut Français du Pétrole: Vol. XXVIII: 1975 (la calidad de las reservas dadas es de 10 o más galones por tonelada).

Mortvejev, A. K. Oil Shale outside the Soviet Union: Deposits of Fossil Fuels. H. G. K. Hall and Co., Boston, Massachusetts, 1974. (No se indica la calidad mínima de las reservas).

Citados en: La Energía en los Países en Desarrollo, Banco Mundial, 1980.

La extracción y la destilación representan una gran parte del costo total de obtener productos de petróleo a partir de la lutita bituminosa. Entre un 80% y un 85% de este mineral consiste en roca inerte, por lo que generalmente se elabora lo más cerca posible de la mina a fin de que los costos de transporte sean mínimos. En los Estados Unidos se está elaborando un procedimiento para extraer al petróleo en el lugar de origen sin tener que extraer el grueso de la lutita, pero es apropiado solamente en yacimientos de considerable espesor vertical y se recupera una proporción mucho más baja del recurso total. Considerables dificultades técnicas van asociadas a esta extracción modificada en el lugar, y los costos de preparación subterránea son también elevados. Sin embargo, reducen los problemas de eliminar la lutita remanente en la superficie.

La lutita bituminosa se refina de manera semejante al petróleo crudo corriente, al que se parece mucho, a fin de producir una variedad similar de productos refinados. Debido a que es inestable en almacenamiento antes del refinado, generalmente se le refina bastante cerca del lugar de producción.

La lutita bituminosa se emplea extensamente en forma directa, para generar energía, en la República Soviética de Estonia. La única central en un país en desarrollo que utiliza lutita como combustible, en una mezcla de 30% de lutita y 70% de lignito, está en Seyitomer, Turquía. El bajo valor calorífico de la lutita bituminosa en comparación con el carbón bituminoso y el petróleo residual, hace que se requiera un horno muy grande para una producción dada y capacidad para manipular grandes cantidades de combustible sólido. Los problemas de eliminación de cenizas son similares a los de la producción de lutita bituminosa.

Hidrocarburos en México.— Al 31 de diciembre de 1983, la producción de crudo, condensado y líquidos del gas era de 2 688 279 millones de barriles por día en promedio, 2.2% menos que el año anterior. Esta situación colocó a México en el cuarto productor de hidrocarburos en el mundo y primero en América Latina.

La explotación petrolera tan dinámica que se ha llevado a cabo en México, garantiza cubrir la creciente demanda interna y los compromisos de exportación.

El incremento en la producción se debe, básicamente, a que la extracción en la Sonda de Campeche supera ya el millón y medio de barriles por día. Actualmente el Golfo de Campeche es la zona de mayor producción en el país, con una existencia probada de 14 mil millones de barriles de crudo, lo que la sitúa como una de las fajas petroleras más importantes del mundo. Le sigue en importancia el área mesozoica de Chiapas-Tabasco y Veracruz.

Existen otras regiones petroleras de desarrollo prioritario que ofrecen enormes perspectivas. Entre ellas, se pueden mencionar además de la Cuenca de Chicontepec (con más de 100 mil millones de barriles de crudo) y el Golfo de Sabinas, todo un conjunto de nuevas zonas en exploración con

buenas posibilidades de éxito (véase figura 4.8, pág.140), que podrían cambiar el panorama de los hidrocarburos en México.

El aumento de las reservas de hidrocarburos en México refleja el éxito de las exploraciones realizadas (véase cuadro 4.12). Para diciembre de 1976 las reservas probadas eran de 7,279 millones de barriles, mismos que aumentaron a 72,500 millones de barriles para diciembre de 1983, lo que significa un aumento del 996%. Debido a estas reservas probadas, México ocupa actualmente el cuarto lugar mundial.

SITUACION DE LOS HIDROCARBUROS EN MEXICO			
CONCEPTO	Diciembre		Variación
	1979	1983	%
Reservas (millones de barriles)	45,803	60,126	31.3
EXTRACCION			
(miles de barriles por día)			
Producción de crudo, condensados y líquidos	1,780	2,096	17.8
Producción de gas natural equivalente a crudo	608	723	18.9
EXPORTACION			
Crudo (miles de barriles por día)	575	828	44.0
Gas natural (miles de barriles por día)		54	
Gas natural (millones de pies cúbicos por día)		269	
Amoníaco (toneladas métricas por día)	1,981	2,015	1.7
PRECIOS DE EXPORTACION			
Crudo (US dólares por barril)			
Istmo 1/	24.60	34.5	40.2
Maya 1/	21.50	29.0	34.9
Gas natural (US dólares por millar de pies cúbicos)		4.47	
1/ Para el primer trimestre de 1981 el precio del Istmo y del Maya es de 38.5 y 34.5 respectivamente.			
Fuente: Panorama Económico, Bancomer, Enero 1981			

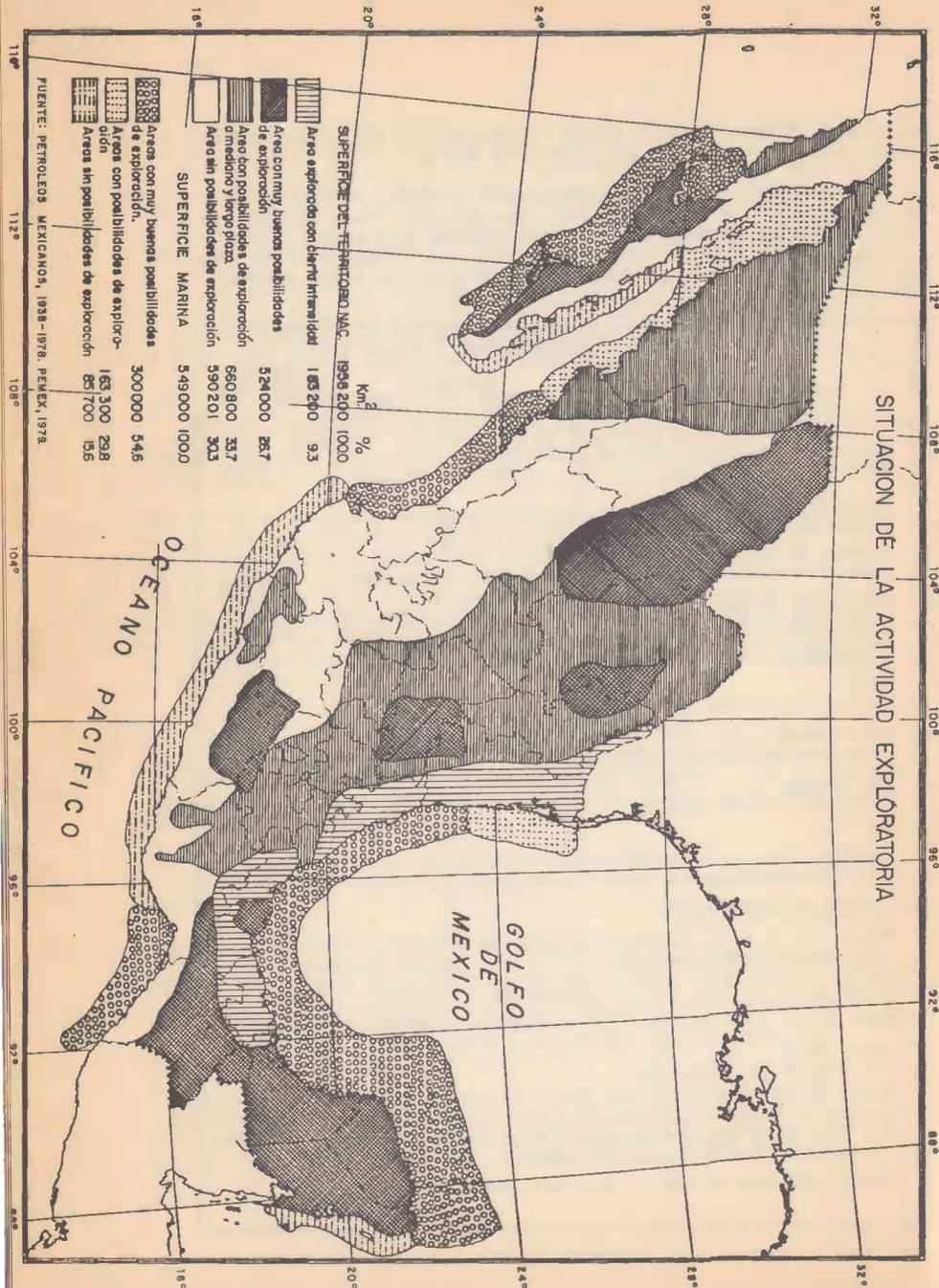


Figura 4.8

De las reservas, el 79% corresponde a crudo y líquidos del gas, el resto es gas natural equivalente a crudo. Las reservas probables se estiman en 90,271 millones de barriles y las potenciales que incluyen probadas y probables, en 250,000 millones de barriles.

En materia de refinación, México alcanzó en 1983 el décimo cuarto lugar como país refinador de petróleo crudo y líquidos procedentes del gas natural al aumentar su capacidad de procesamiento a 1,300 millones de barriles, lo que sitúa a la compañía nacional PEMEX en el quinto lugar mundial como empresa refinadora.

En el aspecto de productos petroquímicos básicos, México también ha tenido un gran desarrollo y aparte de la actual capacidad, existen en construcción y próxima puesta en marcha varios complejos petroquímicos como los de la Cangrejera, Morelos y Tabasco. Los principales productos petroquímicos básicos que se elaboran en México, son entre otros: amoníaco su bstantia básica para la elaboración de fertilizantes; tetramero y polietilenos, básicos para la elaboración de plásticos y otros como los diversos ácidos necesarios para la industria. En la figura 4.9, se muestra la procedencia de estos productos así como su proceso intermedio.

CARBÓN.— El carbón es el producto final de la materia vegetal que se acumuló en pantanos sobre la superficie terrestre hace millones de años. El tamaño de la capa de carbón depende de la extensión del pantano original y de la cantidad de materia vegetal que se acumuló.

Las variedades de carbón se distinguen conforme a su contenido de carbono, el cual aumenta en razón directa del tiempo que la materia ha sufrido transformación. La materia vegetal de la cual se forma el carbón contiene un 50% de carbono. Con el tiempo y otros movimientos subsiguientes de la corteza terrestre, y por la acción de la presión y la temperatura, se irían produciendo otras sucesivas transformaciones en lignito, turba, hulla y antracita, denominaciones que corresponden a la clasificación que se hace hoy de los carbones que encontramos en los yacimientos carboníferos, según sus peculiaridades y características, con base en el grado de fosilización, mas o menos avanzado, en el aspecto exterior, y sobre todo en su poder calorífico.

El poder calorífico es la característica más importante de un carbón que va a ser usado como combustible. Se expresa en kilocalorías obtenidas por kilogramo de carbón quemado.

La *turba* es una materia vegetal, primera etapa en el proceso, parcialmente carbonizada. Tiene un poder calorífico de 3000 a 6000 kcal/kg y su composición media es: carbono 53-58%, oxígeno 28-35% e hidrógeno 5.8%

El *lignito* es un carbón de color pardo mate, a veces negro, cuando se trata de lignitos bituminosos; es combustible fósil con un proceso de formación más avanzado que la turba.

probable que aumente de 300 a 700 millones de toneladas equivalentes de carbón al año, lo que representa entre 200 y 470 millones de toneladas de petróleo, hacia el año 2000. La mayor parte de este comercio se efectuará entre los países industrializados, pero los en desarrollo también tendrán oportunidades de exportar.

RESERVAS Y RECURSOS MUNDIALES DE CARBON		
(En millones de toneladas equivalentes de carbón)		
	Recursos geológicos	Reservas
U.R.S.S.	4,860.00	109.900
Estados Unidos	2,570.398	177.588
China	1,438.045	98.883
Australia	262.134	27.353
Alemania República Federal de	246.800	34.419
Polonia	125.500	21.000
Canadá	115.352	9.381
Botswana	100.000	3.500
Sudáfrica	57.566	26.903
India	56.799	33.700
Yugoslavia	10.927	8.465
Brasil	10.082	8.098
Colombia	8.318	0.443
Zimbawe	7.130	0.755
México	5.448	0.875
Swazilandia	5.000	1.820
Indonesia	3.723	1.430
Subtotal	10,046.798	609.513
Otros	78.466	26.851
TOTAL	10,125.264	636.364

Fuentes: Conferencia Mundial de la Energía, 1977; estimaciones del personal del Banco Mundial

Cuadro 4.13

Aunque los costos de producción del carbón probablemente no aumentaran mucho en términos reales en el próximo decenio, es probable que los costos crecientes de los combustibles competitivos y la presión de la demanda en el futuro hagan subir los precios del carbón. Se prevé que aumentará el precio del carbón térmico entregado a los usuarios aproximadamente en la misma proporción que los precios mundiales del petróleo, pero

es posible que se registre un aumento más rápido en la segunda mitad del decenio de 1980, si la demanda internacional de carbón adquiere ímpetu. Esto fortalecería aún más el incentivo para elevar la producción. Si bien la mayor parte de los problemas ambientales asociados con la producción de carbón pueden enfrentarse a un costo determinado, los efectos en el ambiente del dióxido de carbón y de las emisiones de azufre provenientes de hornos a carbón son tema de considerable controversia entre los científicos y se requiere con urgencia llevar a cabo nuevas investigaciones sobre este importante aspecto.

Durante el período 1973-1978, la producción de carbón en los países en desarrollo aumentó de 130 millones de toneladas a 162 millones de toneladas (o sea el 5,7% del total mundial), lo que representa un aumento medio de 4.5 % al año. Veintinueve países en desarrollo producen carbón, pero casi todo el aumento de la producción en ese período provino de sólo nueve grandes productores que proporcionaron el 90% de la producción de carbón de los países en desarrollo en 1978, a saber, Brasil, Colombia, India, México, República de Corea, Rumania, Turquía, Viet Nam y Yugoslavia. Incluso en estos países no ha sido rápido el aumento de la producción de carbón y en algunos casos dificultades en las operaciones de las minas existentes han impedido el progreso.

Dado el actual nivel de esfuerzos que se realizan, se prevé que la producción de carbón en los países en desarrollo ascenderá a 280 millones de toneladas en 1990, con un crecimiento anual de casi el 4,3% durante el decenio. Si se llevaran a cabo esfuerzos conjuntos para aumentar la producción lo más rápidamente posible, la producción de los países en desarrollo podría casi duplicarse, de 184 millones de toneladas en 1980 a unos 348 millones de toneladas en 1990, lo que equivale a una tasa de crecimiento del 6% al 7% anual. Es probable que la mayor parte de este crecimiento se registre en países que ya son grandes productores de carbón. Pero Botswana, Indonesia, Swazilandia, Tailandia y Venezuela podrían también estar produciendo, cada uno, más de 5 millones de toneladas en 1990; Haití, Egipto, Madagascar, Níger y Tanzania, que actualmente no producen carbón, podrían ser pequeños productores, con un promedio de 600.000 toneladas al año en 1990. (Cuadro 4.14, pág. 146).

Más de 50 países en desarrollo consumen carbón, pero sólo 15 consumen más de un millón de toneladas al año. Aproximadamente el 40% del consumo de carbón térmico de los países en desarrollo se utiliza para generar energía eléctrica. Algunos países en desarrollo ya lo consumen en la industria, principalmente en grandes plantas como molinos de cemento, plantas de pulpa y papel y fábricas de textiles. El carbón es especialmente adecuado para su utilización en las plantas de cemento, y muchos países están transformando las que funcionan a base de petróleo a fin de utilizar carbón. Muchas otras plantas industriales se están diseñando actualmente con capacidad para utilizar dos tipos de carga. Alrededor del 20% del consumo de carbón térmico de los países en desarrollo se emplea directamente en los hogares. Unos pocos países con industrias de carbón bien establecidas (India, la República de Corea y Turquía) usan carbón en los hogares en una o más ciudades importantes. En muchos países los costos de inversión de la extracción y distribución del carbón para uso doméstico solamente pueden superar los beneficios. Pero en los casos en que los usos industriales constituyen la principal justificación económica para explotar el carbón, los grandes beneficios potenciales deriva-

dos del aumento de suministro a los hogares, en especial como sustituto de combustibles tradicionales, merecen que se les preste atención. En el decenio venidero, el carbón adquirirá cada vez más importancia en varios países en desarrollo, como materia prima de productos químicos y combustibles sintéticos.

PAISES EN DESARROLLO: PROYECCIONES DE LA OFERTA Y LA DEMANDA DE CARBON, 1980-90				
(millones de toneladas de equivalente en carbón)				
	1980	1985	1990	Porcentaje de crecimiento medio anual 1980-90
Producción de carbón	184.0	242.0	348.0	6.6
Exportaciones de carbón (a otros países en desarrollo)	1.2 (0.8)	8.0 (3.0)	35.0 (11.0)	40.1 (29.9)
Importaciones de carbón	10.0	20.0	32.0	12.3
Consumo de carbón en los países en desarrollo	192.8	254.0	345.0	6.0

Fuente: Estimaciones del personal del Banco Mundial

Cuadro 4.14

El aprovechamiento más rápido de los recursos de carbón en los países en desarrollo requerirá grandes volúmenes de recursos humanos, técnicos y financieros. El carbón puede ser una opción eficaz en función de los costos frente al petróleo residual importado, a la vez que libera recursos de petróleo y gas para la exportación. Normalmente el rendimiento económico obtenido de los proyectos de petróleo y gas es considerablemente mayor que en los de explotación de carbón, pero las prioridades de inversión en energía en los distintos países deben también reflejar la composición de la demanda. Por ejemplo, el carbón se utiliza más eficazmente en la generación de energía, en tanto que el petróleo se utiliza más en el transporte.

COMBUSTIBLES SINTETICOS.- Las materias primas como el carbón o el gas natural, que son de por sí combustibles, pueden convertirse en combustibles sintéticos o materias primas que tienen mayor demanda o mayor valor, o ambas cosas, o que pueden transportarse más fácilmente a los mercados internos o de exportación. En la actualidad las principales conversiones previstas consisten en la producción de combustibles para automotores a partir del carbón y el gas natural. Los productos obtenidos mediante la elaboración de petróleo crudo muy pesado extraído de las arenas petrolíferas se conocen también en inglés como *synfuels*, aunque los procedimientos utilizados son semejantes a los empleados para convertir petróleo residual en productos livianos de petróleo en una refinería.

GASIFICACION Y LICUEFACCION DEL CARBON.- El carbón puede elaborarse para producir gas de carbón o combustibles líquidos. Actualmente la gasificación del carbón comprende por lo general la combustión parcial del carbono en presencia de vapor para producir un gas. Si se utiliza aire, se produce un gas de bajo valor calorífico; la utilización de oxígeno produce un gas de valor calorífico más alto. Para obtener un gas comparable y compatible con gas natural, se requiere una elaboración adicional. Debido a los crecientes precios del petróleo, hay un renovado interés en la producción de gas de carbón para su utilización directa o para conversión adicional. Son dos las principales desventajas de las tecnologías existentes: en primer lugar, la pequeña capacidad de los gasificadores, que hace necesario utilizar varios de ellos en forma simultánea y, en segundo término, las bajas presiones del gasificador, lo que significa que el gas debe comprimirse antes de su elaboración ulterior. No es probable que la experimentación con nuevas técnicas produzca mejores procedimientos para la aplicación industrial antes de 1985.

El gas de contenido calorífico mediano en unidades térmicas inglesas (Btu) obtenido del carbón sirve para la calefacción de los hogares y puede utilizarse sin otra conversión. Este gas también puede convertirse en gas natural sintético (GNS) mediante dos etapas adicionales que están comercialmente bien probadas. También puede utilizarse en sustitución de materias primas de productos de petróleo para producir amoníaco, pero las plantas de amoníaco a base de carbón requieren mayor intensidad de capital que las basadas en el gas natural y también exigen más energía por tonelada de amoníaco producido. El gas de contenido calorífico mediano en Btu fabricado mediante procedimientos convencionales de gasificación se presta a las aplicaciones industriales, como la reducción directa del mineral de hierro en pequeñas siderúrgicas.

El carbón puede utilizarse para fabricar metanol. Si bien en este momento no hay plantas de metanol a base de carbón que funcionen comercialmente, se han planificado varias instalaciones en países industrializados. El carbón puede también utilizarse para producir combustibles líquidos hidrocarbonados, tales como la gasolina y el combustible diesel. En la actualidad, en el único país en donde la gasolina y el combustible diesel se sintetizan a partir del carbón es Sudáfrica. La tecnología se basa en la reacción de Fischer-Tropsch inventada en Alemania y utilizada extensamente en Europa durante la segunda guerra mundial. Los productos secundarios incluyen el amoníaco, el gas combustible y los solventes y resinas. Se estima que el costo de producción del combustible líquido

varía entre US\$40 y US\$60 por barril del producto terminado. El tiempo que se requiere para la planificación y construcción de una planta de este tipo es de unos cinco a siete años, de modo que no es probable que los países en desarrollo produzcan un volumen importante de combustibles líquidos sintéticos a partir del carbón antes de 1990. Es posible que las plantas de fertilizantes a base de carbón sean económicas en países que disponen de carbón de bajo costo, con recursos limitados de gas natural o que carecen de ellos y con un gran mercado interno de fertilizantes, a condición de que los costos de inversión y operación sean mínimos.

En muchos países es posible fabricar combustibles sintéticos a partir del carbón con costos de producción comparables a los precios al por menor de los correspondientes combustibles basados en el petróleo. Sin embargo, muchas de las tecnologías son complejas y arriesgadas, el costo de inversión de la planta es elevado y el tiempo que se requiere para diseñar y construir la planta es prolongado. Por consiguiente, no es probable que los combustibles sintéticos basados en el carbón contribuyan en grado significativo a satisfacer las necesidades energéticas de la mayoría de los países en desarrollo en el próximo decenio. En los más avanzados de estos países, como el Brasil, India, Turquía y Yugoslavia, que son pobres en petróleo pero tienen grandes recursos de carbón, tal vez se construyan plantas piloto para producir combustible sintético líquido antes de 1990 y plantas comerciales de gas sintético para surtir a las industrias ubicadas cerca de los yacimientos de carbón.

RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES

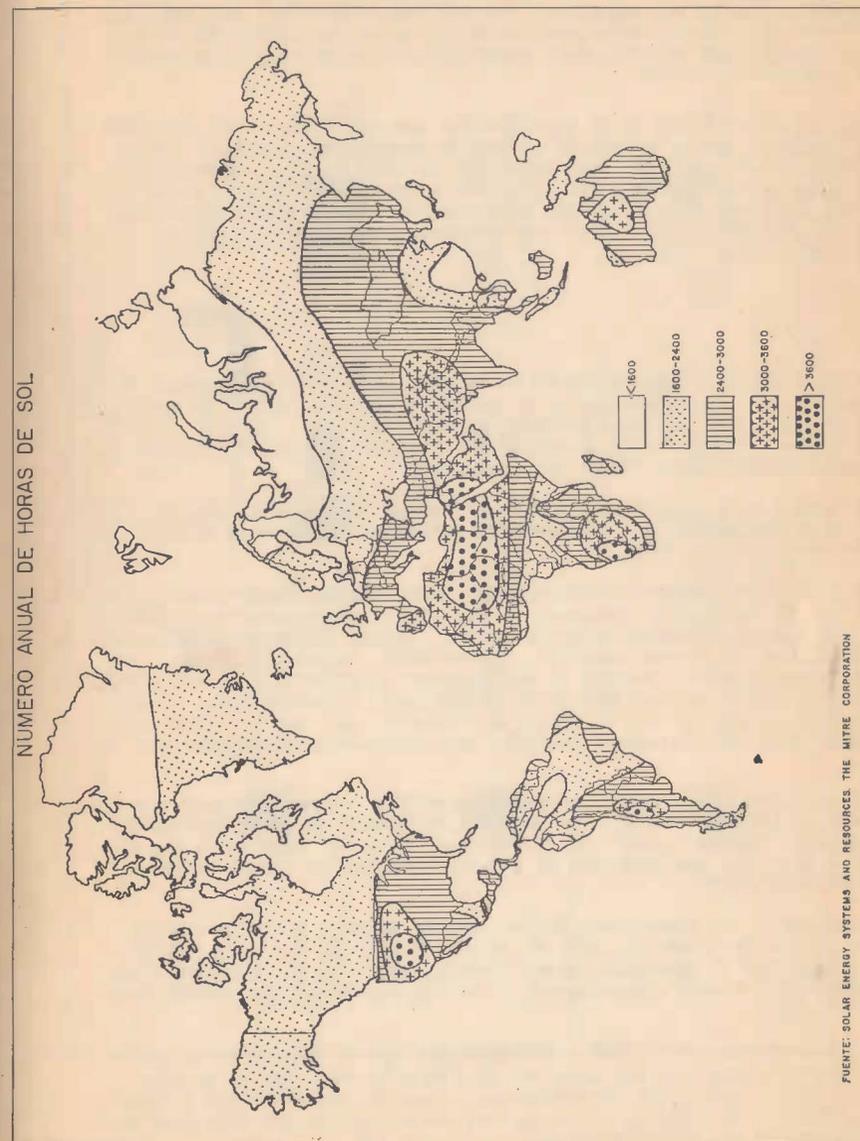
ENERGIA SOLAR.— El Sol es la fuente primaria de energía más antigua con que cuenta la humanidad en cantidades ilimitadas, pudiendo considerarse a los combustibles fósiles como una forma de depósitos concentrados de energía solar, transformada en forma química mediante el proceso biológico de la fotosíntesis.

La energía solar proporciona calor y luz a la superficie de la Tierra, por medio de la radiación solar; todo el sistema biológico la recibe a través de la fotosíntesis.

La disponibilidad total de energía en la superficie de la Tierra, directa, se debe casi totalmente (en un 99.98%) a la radiación solar; la aportación del Sol a la energía de nuestro planeta es 5,000 veces mayor que todas las demás fuentes de energía juntas.

La energía solar es un elemento de balance calórico, ya sea que la humanidad la aproveche pasajeramente o no, por lo que se la considera (así como a sus fuentes indirectas) como energía pura, debido a que su uso es tal como se presenta en la naturaleza, evitando la contaminación térmica de la atmósfera.

La energía solar utilizable, es principalmente distribuida en dos franjas del hemisferio ubicadas entre los 15° y 35° de latitud norte y sur, respectivamente; (véase figura 4.10, pág.149) de tal forma, los países



comprendidos en estas zonas reciben más energía, y por ende, la posibilidad de explotar esta fuente y sus colaterales; pero solamente se beneficiarán los países que emprendan los esfuerzos necesarios para desarrollar las técnicas de transformación, en tanto que los países que no lo hagan, tendrán que importar dicha tecnología con la consecuente dependencia que esto significa.

Algunas aplicaciones de la energía solar son, por ejemplo, en calentamiento de agua, hornos con más de 3,000°C de temperatura, secadoras industriales y agrícolas, máquinas con ciclos de trabajo, desaladoras de agua, sistemas de calefacción y refrigeración en casas habitación y, principalmente, la generación de energía eléctrica, ya sea por el método directo (celdas fotovoltaicas) o indirecto (sistemas termodinámicos), (véase figura 4.11, pág. 151).

ENERGIA EOLICA.— La energía eólica es una fuente indirecta de la solar, debido a que los movimientos de la atmósfera son resultado de la acción intermitente del Sol sobre el aire, la tierra y el mar. A nivel mundial se han medido velocidades de viento con el objeto de contabilizar los recursos eólicos (véase figura 4.12, pág. 152).

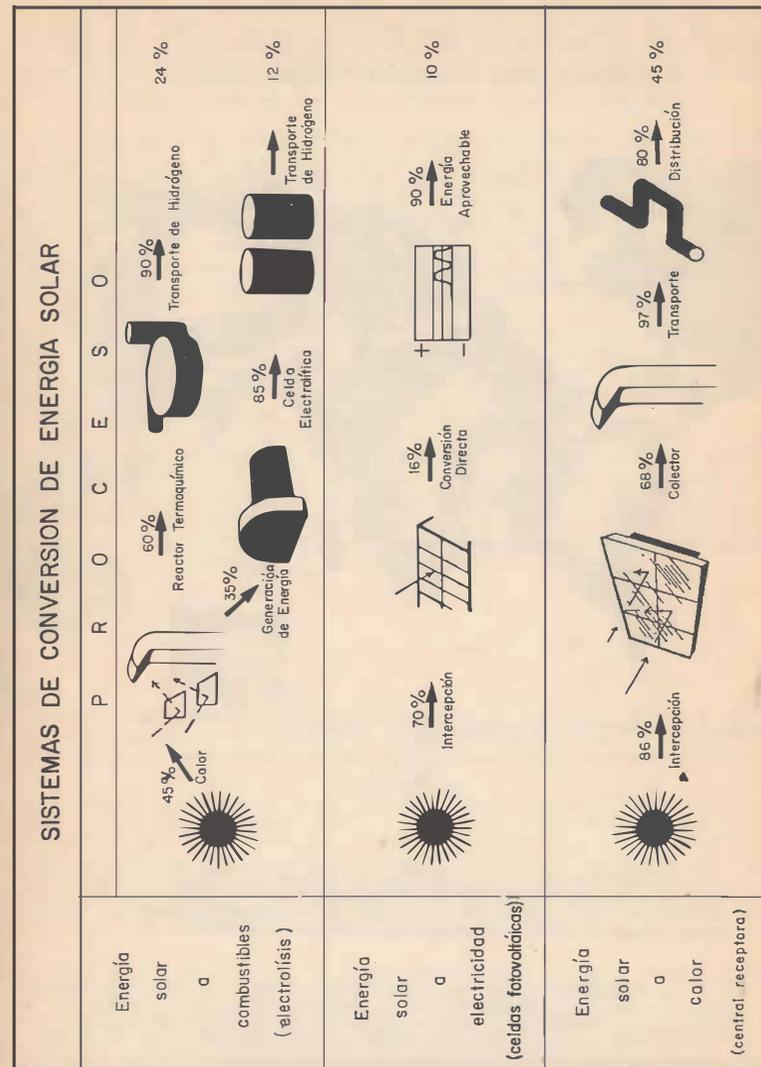
El viento ha proporcionado medios para bombear agua y moler el grano durante muchos siglos, y actualmente los generadores eólicos se utilizan para generar electricidad.

Algunos de los primeros trabajos sobre generación de electricidad se realizaron en Dinamarca a comienzos de este siglo, con generadores de 30 Kw, que se siguen utilizando hasta la fecha. Fueron útiles principalmente durante las dos guerras mundiales cuando había escasez de carbón y de otros combustibles. Durante la última guerra existían 88 centrales eléctricas eólicas con capacidad de 70 Kw cada una. Actualmente hay un aerogenerador de 200 Kw, con 23 metros de diámetro, que entró en funcionamiento en Gedsen, Dinamarca en 1957 y que produce 400,000 Kwh por año.

En Norteamérica se instaló un generador eólico cerca de Rутаand, Vermont, en 1941. Producía 1,250 Kw y con un diámetro de 53 metros fue denominado "Grandpa's Knob". El último experimento de importancia fue el de un generador con capacidad de 1 Mw que funcionó en Blauce (Francia) entre 1958 y 1962.

Actualmente los generadores eólicos proveen menos de 1% de la energía que consume Norteamérica, pero el gobierno estima que se podría doblar esa capacidad de generación para el año de 1990, y si se le apoya oficialmente podría llegar a representar 10% de las necesidades de energía para el año 2000.

La General Electric diseñó un aerogenerador que se instaló en la montaña Howard's Knob, con una capacidad de 2 Mw y la NASA realizó estudios por contrato con el DOE (Departamento de Energía) desarrollando un generador eólico de 2,500 Kw en Boone, Carolina del Norte, que está considerado como el más grande del mundo.



FUENTE: SOLAR ENERGY SYSTEMS AND RESOURCES THE MITRE CORPORATION
Figura 4.11

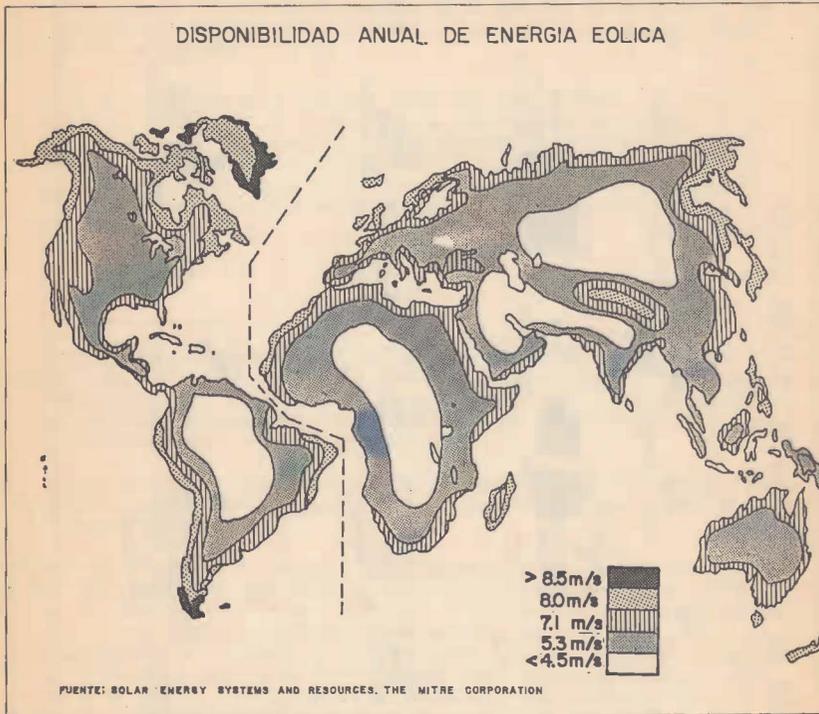


Figura 4.12

La escasez de energía y la contaminación del medio ambiente, han despertado un creciente interés por el viento como fuente de energía primaria en todo el mundo. La energía del viento es generalmente convertida en energía mecánica o eléctrica mediante sistemas de molino de viento.

En la mayoría de los países, la incidencia actual de la energía eólica en el monto de la energía nacional es insignificante, salvo pequeñas instalaciones para bombeo de agua en praderas y uso doméstico en lugares muy apartados, a pesar de que alrededor de 150,000 máquinas de este tipo estaban todavía funcionando en 1978 en Estados Unidos.

El rendimiento de un generador de viento depende principalmente del diseño del motor de viento y de la velocidad de rotación, siendo esto ex-

presado por la relación entre la velocidad de extremo del aspa y la velocidad del viento; por medio de estudios se concluyó que una hélice de dos aspas propulsoras da potencialmente un mejor resultado que los demás tipos de sistemas; por ese motivo todos los sistemas a gran escala construidos anteriormente emplearon generadores de dos o tres aspas.

Por regla general, el rendimiento de conversión en un lugar dado depende de lo que se podría llamar calidad del viento (según sus características). Un viento uniforme sería el ideal, nunca hallado en la práctica, mientras que un viento de velocidades variadas es difícil de transformar; se pueden aplicar algunos criterios generales al estimar la importancia del potencial del viento en función de la altura y lugar, ya que la velocidad del viento aumenta con la altura sobre el nivel del suelo y la relación del incremento es casi la misma en todos los lugares.

La investigación se orienta actualmente al desarrollo de unidades grandes, para convertir la energía del viento en energía mecánica, la que podría utilizarse directamente para actuar dispositivos de almacenamiento de energía, como bombeo de agua, batería-electroquímica, compresión de aire, electricidad, etc. (véase figura 4.13, pág. 154).

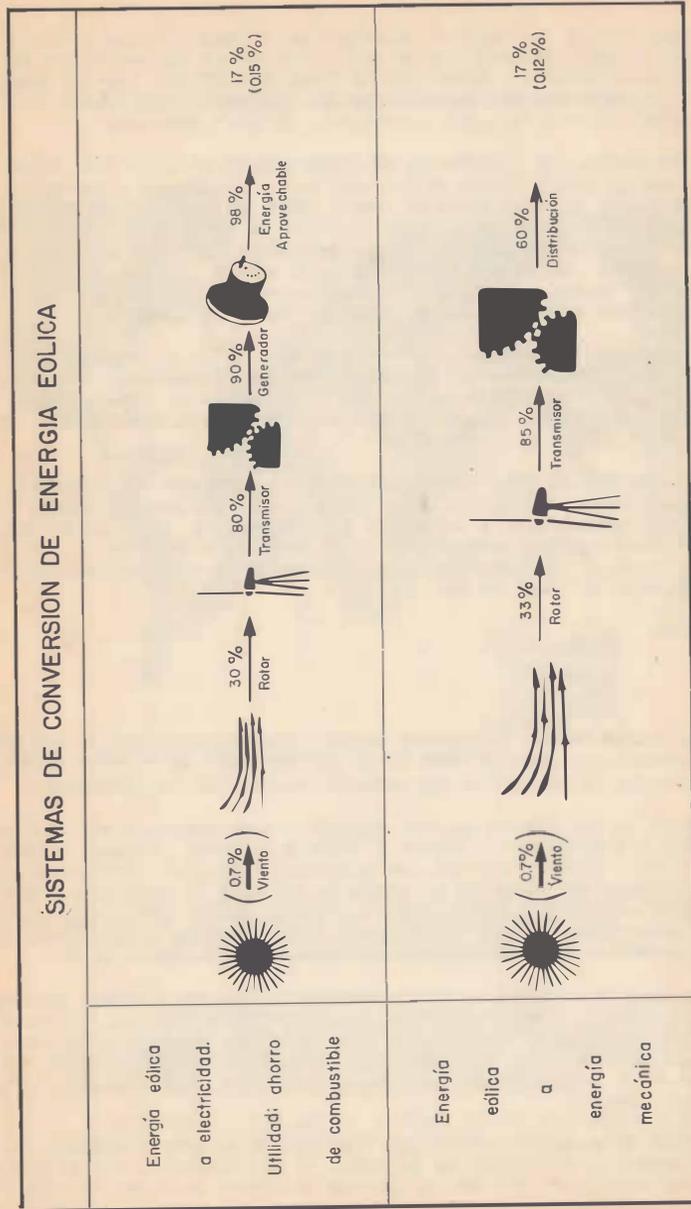
En México existe una zona óptima para el aprovechamiento de la energía eólica, ubicada en el Istmo de Tehuantepec y conocida como La Ventosa en el estado de Oaxaca, por la intensidad y constancia de los vientos que soplan en dicha región, con velocidades de más de los 240 Km/h se trata de un sitio excepcional donde podrían experimentarse unidades de gran tamaño, del orden de miles de Kw.

ENERGIA MAREOMOTRIZ.— Es posible extraer grandes cantidades de energía de los océanos por medio de tres formas principales: de las olas, del gradiente térmico del agua y de las mareas producidas en los litorales.

La energía de las olas es posible utilizarla como energía cinética o de movimiento y transformarla primero en energía mecánica y después generar electricidad. Esto es factible con mecanismos flotantes provistos de ruedas con paletas que giran por el efecto de las olas en movimiento, utilizando esta energía para mover un eje o cigüeñal que se acopla a los generadores para obtener electricidad; estos sistemas deben instalarse en las costas con mar abierto, cuyo oleaje es aprovechable de esta manera.

En ocasiones se confunde la planta mareomotriz con los sistemas accionados por el oleaje, siendo dos situaciones muy diferentes. La primera es la energía potencial acumulada en el agua intrínsecamente (o inherentemente) en forma de marea y la otra es la energía cinética producida por las olas en la superficie de los océanos, y esto es producido por el efecto de los vientos.

El sistema de propulsión por oleaje consiste en paletas articuladas bajo una barcaza, o una hilera de barcasas, en mar abierto, y por el efecto del movimiento de las olas las paletas se mueven hacia arriba y hacia abajo alternadamente.



FUENTE: SOLAR ENERGY SYSTEMS AND RESOURCES. THE MITRE CORPORATION

Figura 4.13

EL GRADIENTE TERMICO DE LOS OCEANOS Y MARES.- Este proceso consiste en utilizar la diferencia de temperaturas en los mares tropicales, que va desde 24 a 30°C en la superficie hasta los 4 a 6°C a 900 metros de profundidad (véase figura 4.14, pág. 156). Tal diferencia se aprovecha para producir energía mecánica con intercambiadores de calor, y posteriormente generar electricidad.

El procedimiento se basa en el principio de Carnot, de los motores que funcionan con calor; una diferencia de temperatura puede aprovecharse para producir energía mecánica. El mar recibe aproximadamente las tres cuartas partes del calor solar, el cual se viene almacenando y representa una prodigiosa reserva.

Georges Claude inició sus experimentos en 1926 con una turbina de un metro de diámetro a 5,000 rpm; la cual generaba 60 Kw de potencia, aprovechando una diferencia de temperatura de 20°C en el agua. Posteriormente realizó pruebas en los mares tropicales cerca de Cuba, donde obtuvo 22 Kw de potencia aprovechando una diferencia de temperatura de 14°C. Después propuso una planta experimental de 25,000 Kw en las cercanías de Santiago de Cuba.

Los lagos solares (solar ponds) funcionan como las plantas térmicas de los océanos. Se introduce una innovación en el concepto de eliminación de calor por convección natural, ya que en aquéllos no existe dicha disipación. En estos estanques la temperatura del agua se incrementa a mayor profundidad, y debido al gran contenido de sales que contienen producen un gradiente de densidad que impide la convección natural. En el fondo de los estanques hay temperaturas superiores a los 90°C, casi el punto de ebullición del agua, mientras que en la superficie la temperatura es la misma que la del aire circundante. Esto proporciona una conveniente fuente de calor para un motor, por medio de intercambiadores de calor. Este proceso está siendo desarrollado por Israel en el Mar Muerto que tiene un alto contenido de minerales.

México tiene litorales en zonas tropicales donde es posible aprovechar el gradiente térmico de los mares, ya sea en el Caribe o en el Océano Pacífico, por lo que conviene iniciar investigaciones, para cuantificar la cantidad de energía térmica, y con base en ese estudio, tomar decisiones para su aprovechamiento.

En cuanto a las mareas, la diferencia de potencial contenida en el agua al ascender una determinada altura y posteriormente regresar a su nivel original (con una energía potencial determinada), determina la acción de la energía mareomotriz.

La energía mareomotriz se origina por la relación que existe entre la rotación de la Tierra y la atracción gravitacional del Sol y la Luna. Este movimiento afecta incluso hasta la roca sólida, provocando en la Tierra una ligera comba en dirección de aquellos cuerpos atrayentes. Por consiguiente, este efecto producido en los océanos da lugar a las mareas; a pesar de que esta energía no proviene directamente de los rayos del Sol, se le considera como fuente alterna de energía.

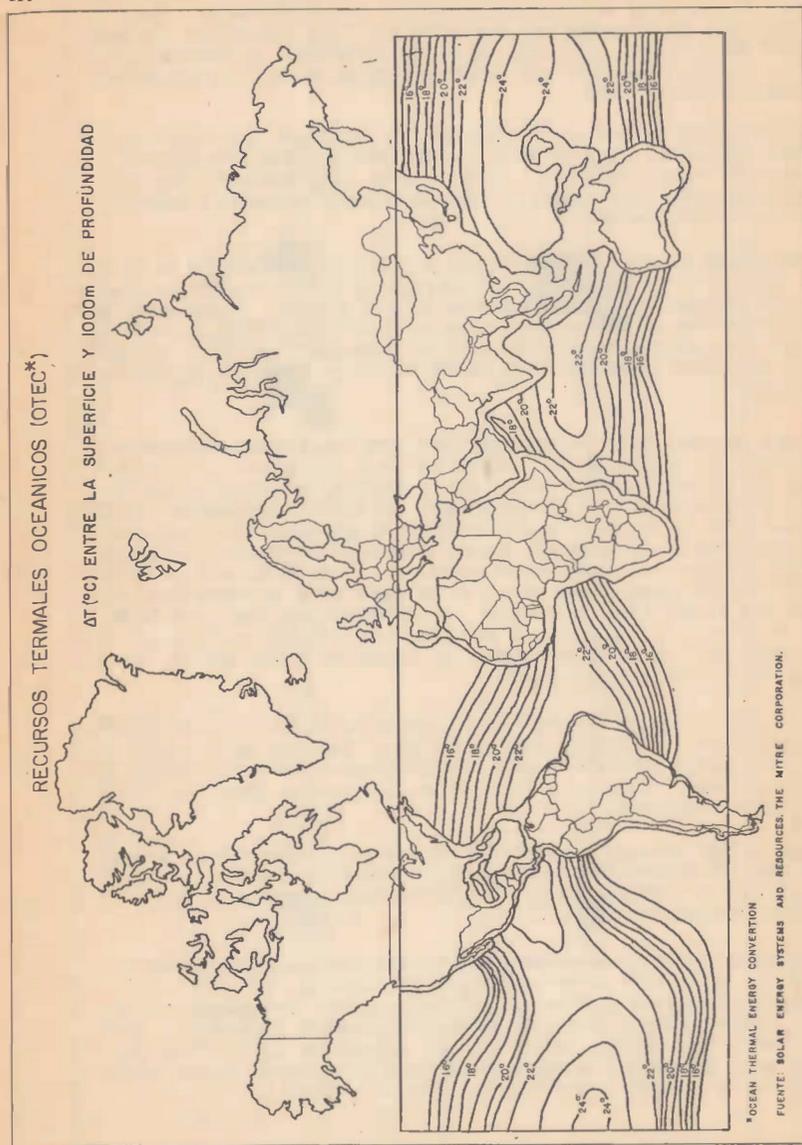


Figura 4.14

Del total de la energía de las mareas, se consume una parte que limpia el fondo de los océanos, otra parte se disipa como calor y movimiento de aire. El residuo es factible de ser aprovechado en turbinas mareométricas. Si fuera posible utilizarla del todo podría generar la mitad de la demanda actual de energía.

Pocos lugares reúnen las condiciones naturales específicas para aprovechar esta energía. México dispone de uno de esos lugares: el Mar de Cortés, donde existe una diferencia de potencial por la marea, de 8 a 10 metros de elevación.

Hay dos plantas mareométricas consideradas como prototipos. La primera en el estuario del río Rance, cerca de Saint-Malo, Francia. Se compone de una batería de turbinas hidráulicas y está construida sobre un gran dique en el mar y genera 350 megawatts. Las turbinas generan electricidad, conforme al flujo de la marea, que se revierte periódicamente. El proyecto La Rance se terminó en 1966 y funciona exitosamente.

Este proyecto es modesto en comparación de la planta mareométrica diseñada para el histórico Monte Saint-Michel en Normandía, que tendrá mayores dimensiones y capacidades. Con la construcción de dos diques, hacia el sur y el este de la Isla de Causey, la planta generará entre 10,000 y 15,000 megawatts.

La otra planta está en Kislayaguba, Rusia, con capacidad de 400 Kw. Está en operación desde 1968 en forma experimental. Con ella se pretende armonizar las ondas de energía de las mareas con las ondas del consumo de energía. Se espera generar energía eléctrica en las horas pico sin importar la fase de las mareas. Rusia cuenta con un potencial de energía mareométrica de 210,000 millones de Kwh anuales. El Mar Blanco exclusivamente, posee un potencial de 40,000 millones de Kwh de energía por año.

México también dispone de un litoral natural para aprovechar esta fuente alterna de energía. En el Mar de Cortés, hay cambios de mareas hasta de 10 metros de diferencia, la que se podría utilizar, con los estímulos y medios adecuados para su estudio y desarrollo.

Existe un programa de investigación oceanográfica para desarrollar un proyecto de planta mareométrica en el Golfo de California (Mar de Cortés). Lo realizan el Instituto Alemán Fur Meeres Kunde, de la Universidad de Hamburgo y el Instituto de Oceanografía de Manzanillo, Colima, en México. El convenio fue suscrito entre la Secretaría de Marina y la institución científica alemana a fines del año 1979. Los resultados se verán después de dos años. Esto representa el único esfuerzo de que se tiene conocimiento para aprovechar las mareas en la generación de electricidad en nuestro país.

BIOMASA.— Los desechos orgánicos al sufrir una descomposición anaerobia producen el gas metano, CH_4 ; el cual es el principal componente (95%) del llamado "gas natural" que se extrae junto con el petróleo. Por cierto que el origen del gas natural es el mismo proceso de descomposición,

pero transformado a través de millones de años desde que se depositaron los combustibles fósiles. El metano es un gas combustible, de alto valor calorífico, útil para cocinar, calentar, alumbrar y generar electricidad en pequeña escala.

Al combinarse el tratamiento sanitario de las aguas de alcantarillado, desechos fecales animales y demás residuos orgánicos, se obtiene, a partir de la descomposición (fermentación) de todos ellos, un útil gas combustible (conocido también como "bio-gas"). Además del gas, en el proceso se obtiene también un efluente líquido, que se utiliza como fertilizante. En la India se ha desarrollado en forma general esta forma de producción "bio-gas" (biomasa) con el tratamiento de residuos, por medio de la cual, cumplen con las funciones de mejorar las condiciones sanitarias rurales, reciclando los nutrientes a la agricultura y simultáneamente aprovechan una fuente local de combustible barata. Igualmente se utiliza el estiércol de ganado vacuno, el cual se quemá para cocinar y calentar casas habitación. Se calcula, que en la India se queman 350 millones de toneladas al año.

La madera se puede convertir a metanol mediante gasificación y la caña de azúcar, la mandioca y otros productos análogos a etanol mediante la fermentación.

La madera en forma de leña, mediante el conocido proceso de la combustión produce calor que se puede utilizar como tal o como fuente secundaria para la generación de electricidad. (Véase figura 4.15, pág.159).

La posibilidad de obtener gas metano a partir de la descomposición de materia orgánica, data del siglo pasado cuando Pasteur hizo referencia al proceso de biomasa. Con anterioridad los chinos recogían el gas metano de los lagos en que se arrojan las basuras y las aguas de alcantarillado, para utilizarlo como energía. En Londres se utilizó el gas metano producido en el alcantarillado, para alimentar los faroles.

En Bombay se construyó la primera planta para obtener metano a partir del estiércol en 1900, y se han efectuado estudios (en varios países) sobre este proceso desde 1930, como en Francia, Alemania, Inglaterra, Estados Unidos.

En Africa del Sur fue construida una planta de biomasa en 1960, en una granja de cerdos, utilizando las dos toneladas de estiércol que se producían diariamente. Se obtuvo un promedio de 225 m³ al día de gas metano.

El uso de la biomasa es particularmente provechoso y rentable en las regiones cálidas, porque la materia en descomposición se tiene que mantener a temperaturas que oscilan entre los 30° y 60°C. Es en estos lugares donde los problemas sanitarios son más graves y los desechos se pudren más rápidamente.

En la descomposición de materia orgánica para obtener gas metano, se utiliza un digestor (recipiente cerrado), en el que bajo condiciones ambientales y químicas específicas, después de un período determinado se realiza el proceso biológico de biomasa, (Véase figura 4.15, pág. 159).

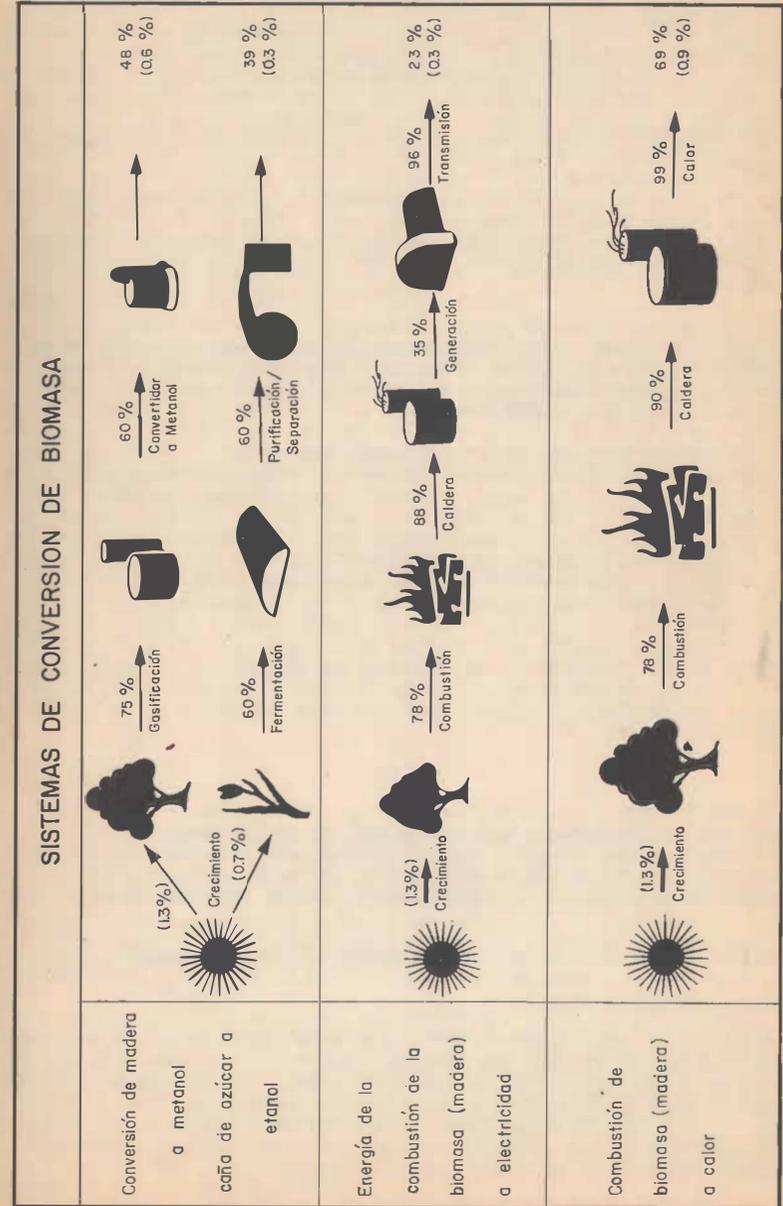


Figura 4.15

Existen dos etapas o fases de descomposición de la materia orgánica: una de licuefacción y otra de gasificación. Esto tiene lugar y es caracterizado por diferentes tipos de bacterias. En la primera fase, la licuefacción, la mezcla de moléculas orgánicas complejas (grasas, proteínas y almidones), se descomponen en otras más simples, como azúcares, alcohol, glicéridos, péptidos y aminoácidos. Uno de los productos principales en esta fase es el ácido acético. En la segunda fase, la de gasificación, actúa un conjunto de bacterias que convierten los ácidos orgánicos en gas metano.

Los factores más importantes que determinan el ciclo de proceso en forma satisfactoria son la temperatura del medio ambiente, el PH (grado de acidez), y la composición química de los materiales empleados, principalmente la proporción de sólidos y líquidos, así como del nitrógeno y carbono presentes.

El gas que se produce mediante la descomposición es una mezcla, en la cual predomina el metano (CH_4) en una proporción aproximada entre 54 y 70 por ciento. Lo demás es bióxido de carbono (CO_2) de un 30 a 40 por ciento, así como pequeñas cantidades de nitrógeno, hidrógeno, monóxido de carbono, mercaptán y ácido sulfhídrico.

El valor de combustión del gas obtenido, depende de la cantidad de metano que contiene. Puede tener el "bio-gas" un valor calorífico de 5,200 a 6,700 Kcal/m³ (el gas butano y propano tienen 28,000 y 21,000 Kcal/m³ respectivamente). Este gas obtenido es poco tóxico, debido a que contiene poca cantidad de monóxido de carbono (CO). La cantidad de gas producido por un volumen determinado de materia orgánica, puede variar según la temperatura y el período del proceso de descomposición, así como de los tipos de materiales que contenga la mezcla de los desechos.

El rendimiento general de la biomasa varía según los materiales y condiciones en que se produzca. Se considera que un índice de conversión del 60 al 70% es aceptable; esta cifra es la relación entre el contenido energético del gas metano producido y el contenido energético de los materiales orgánicos empleados.

Existe toda una serie de aplicaciones del gas obtenido en la biomasa, así como del afluente de lodo que se produce; en las áreas rurales de los países subdesarrollados se puede emplear para deshacerse de los productos del alcantarillado al devolver los abonos y nutrientes como fertilizantes a la Tierra, y simultáneamente obtener gas combustible.

En las grandes granjas con cría intensiva de animales (cerdos, vacas, aves, etcétera) existen óptimas posibilidades de obtener el gas metano, al procesar el estiércol.

En México se puede hacer uso de la biomasa en las cuencas lecheras del Valle de México, así como del interior, y en las zonas donde existe la cría de ganado vacuno y de cerdo en gran escala. Existen diversos diseños de digestores de desechos orgánicos con capacidades de 40 a 90 m³ por día, que podrían proporcionar energía barata a comunidades rurales, proporcionando así mayores medios de desarrollo, lo que consecuentemente redundaría en una mayor producción agrícola.

Con lo anteriormente expuesto, se puede ver que, para aprovechar la energía solar y sus fuentes indirectas, ya sea en pequeña o gran escala, no se requieren procesos científicos sofisticados (a diferencia de la fusión nuclear), sino algunos adelantos tecnológicos accesibles a toda la población y una adecuada política de inversiones.

Por consiguiente, los factores que determinarán si las fuentes alternas de energía pueden llegar a ser un instrumento importante para coadyuvar a satisfacer la creciente demanda energética son en gran parte, de carácter político, económico y sociológico.

La crisis de energía actual se agudizará en un futuro inmediato, si se considera que el consumo mundial de energía no es constante, ni siquiera crece en forma lineal, sino "exponencial".

México posee un potencial enorme de radiación solar, ya que el 80% de su territorio recibe una incidencia de muy alto índice, la que se podría utilizar en gran medida al igual que las diferentes fuentes indirectas. Existe la alternativa de desarrollar a tiempo una tecnología propia, y si se toma en consideración que las áreas de mayor incidencia solar en el hemisferio, corresponden a países subdesarrollados que adolecen de recursos, México podría brindar posteriormente su tecnología a países centroamericanos, sudamericanos y africanos.

México reúne condiciones ideales para aprovechar la energía solar. Se tiene la exasperante realidad de que si los países desarrollados tuvieran más sol, ya habrían estructurado la tecnología necesaria para su aprovechamiento desde tiempo atrás, y que es ahora, con la crisis de energéticos que padecen, cuando empiezan a fijar su atención en esta fuente de energía.

ENERGIA ELECTRICA

Como se vio anteriormente, la energía puede transformarse de una a otra manera dependiendo de los usos finales para los cuales sea requerida. Una de las transformaciones que ha presentado mayor importancia para el desarrollo de la humanidad ha sido el esquema de conversión de diversas fuentes primarias de energía, tanto renovables como no renovables, a electricidad; que a su vez puede transformarse para infinidad de usos domésticos e industriales.

La energía eléctrica puede ser de corriente directa o corriente alterna, de alto o bajo voltaje y de alta o baja frecuencia en el caso de corriente alterna. La tecnología actual ha permitido que las conversiones de una fuente eléctrica a otra (incluyendo la transmisión) presente pérdidas que son prácticamente despreciables. Aunado a esto, la contaminación del aire y del agua por el uso de la electricidad es mínimo y no tiene desperdicios sólidos. Es una energía limpia. Estas características son a su vez las principales razones por las cuales el hombre se ha mostrado tan interesado en ella.

La electricidad se puede producir a partir de diversas fuentes primarias por diferentes procesos. Las principales fuentes utilizadas son la hidráulica, térmica (petróleo, gas y carbón), geotérmica, nuclear y otras alternativas, de uso menos intenso o con tecnologías en incipiente desarrollo. Determinadas fuentes primarias presentan ventajas para satisfacer necesidades diferentes: la energía hidroeléctrica para requerimientos de carga base y máxima; las unidades a base de petróleo (combustible y gas) para cargas intermedias y las centrales nucleoelectricas para carga de base.

HIDROELECTRICIDAD.— El principio de conversión de la energía hidráulica en electricidad consiste, generalmente, en convertir la energía dinámica del agua (ríos y arroyos) en energía de presión o carga estática, ya sea captando el agua en una tubería de presión o reteniendo la corriente por medio de una obstrucción, a la cual se le ha denominado cortina. La energía de presión captada, se transforma en energía cinética contenida en el caudal de agua, el cual golpea tangencialmente los alabes de una turbina haciéndola girar. La flecha de esta turbina está acoplada a un generador de electricidad, que es donde se origina propiamente la energía eléctrica.

La hidroelectricidad presenta grandes ventajas en la generación de electricidad respecto a otras fuentes primarias ya que no tiene consumo de combustible, no contamina el ambiente (aunque si el embalse es muy grande puede haber alteraciones en el microclima de la región), se puede adaptar una generación continua o alterna, dependiendo la demanda, con lo cual se logra estabilizar el sistema eléctrico. En suma: es una energía limpia, barata y de tecnología accesible.

Las presas de retención que se construyen sobre los ríos dan lugar a embalses de gran capacidad, que en muchas ocasiones además de utilizarse en la generación de electricidad, sirven como reguladoras de caudal del río, evitando inundaciones de zonas agrícolas o de pueblos o de abastecimiento de agua para riego.

La energía hidroeléctrica representa el 4% de la energía que se consume en el mundo y el 23% de la energía eléctrica. No obstante, actualmente el mundo ocupa solamente el 16% del potencial hidroeléctrico identificado, que asciende a 2.34 millones de MW. Esto nos indica que se están dejando de aprovechar 1.96 millones de MW, cifra que en términos de una central de 1500 MW (Chicoasen, por ejemplo) representa 1300 centrales.

Asia es el continente más favorecido con recursos hidroeléctricos, le corresponde el 27% del total mundial, le sigue Africa con el 20%, América del Sur y Centro América con 19%, América del Norte con 13%, Rusia con 11%, Europa con 8% y Oceanía con el 2% restante.

Se estima que del potencial hidroeléctrico identificado, entre el 5% y 10% corresponde a centrales hidroeléctricas de baja capacidad (inferiores a 1 MW), las cuales se podrían utilizar en los planes de electrificación rural o como reemplazo de las centrales a base de diesel.

En México hasta 1978 se tenían 100 centrales hidroeléctricas en operación con una capacidad instalada de 5,225 MW (el 37% del total del país), con la cual se generaron 16,065 millones de KWh que representó el 30% de la generación de energía eléctrica nacional. De acuerdo a los planes eléctricos nacionales se ha definido que para el año 2000 se necesitarán 550,000 millones de KWh de los cuales se pretende generar 91,300 millones de KWh (16.6%) con recursos hidroeléctricos, lo cual implica triplicar la capacidad hidroeléctrica instalada en escasos 20 años.

GEOTERMoelectricidad.— La energía geotérmica es la derivada del calor interno natural de la Tierra. A ciertas profundidades de la Tierra y debido a grandes presiones y elevadas temperaturas, algunos tipos de rocas (silicatos) se funden constituyendo así el magma. Las substancias más ligeras (como el agua) fluyen hacia las partes más elevadas a través de fisuras o fracturas en las rocas hasta encontrar rocas porosas, en donde el agua se mezcla y comienza así la formación de los reservorios subterráneos. Dependiendo de las condiciones de presión, temperatura y sustancias con las cuales se haya combinado el agua, los reservorios conocidos a la fecha pueden ser de tres tipos: de vapor seco, de vapor húmedo y de agua caliente a temperaturas inferiores al punto de ebullición.

El fluido en forma de vapor seco, húmedo o agua caliente puede surgir en la superficie de la corteza terrestre en forma de burbujeantes manantiales, hervidores de lodo, pequeños volcanes en ebullición, fumarolas, géiseres o fuentes termales. Estos brotes espontáneos son signo de existencia de reservorios y por ende se puede justificar una exploración que cuantificaría la importancia del mismo.

La energía térmica contenida en el vapor de agua o en el agua caliente puede utilizarse de diversas formas: para la desalación de agua de mar, para calefacción doméstica, recreativa (albercas) o productiva (invernaderos) y para generación de energía eléctrica. Para este último uso, si el vapor contiene una cantidad considerable de minerales, que dañarían el equipo destinado a la generación eléctrica, es posible y deseable extraer los minerales cuyo valor económico industrial es considerable.

Los recursos geotérmicos están ampliamente distribuidos en todo el mundo. El Salvador, Filipinas, Indonesia, Chile, Kenya, Nicaragua y Turquía poseen recursos geotérmicos, pero hace falta una evaluación de las reservas. Debido a esto se estima que el conjunto de los países en desarrollo tiene una capacidad geotérmica para producir electricidad de 2,300 MW.

En la actualidad solamente Estados Unidos, Italia, Islandia, Nueva Zelanda, Japón y México dan uso a su potencial geotérmico. México fue uno de los pioneros en el aprovechamiento de este tipo de energía con la planta experimental de 3.5 MW en Pathé, Valle del Mezquital en 1952. Después de esa exitosa experiencia se construyó la planta geotermoelectrica de Cerro Prieto, en Baja California con una capacidad de 150,000 KW. Se tiene programado que para 1985 alcance una capacidad de 400,000 KW.

Entre las principales áreas en exploración y con gran capacidad de explotación se encuentran: La Primavera, Jal., Los Humeros, Pue., Ixtlán de los

Hervores, Los Negritos, periferia del Lago de Cuitzeo y los Azufres en Michoacán, en este último sitio están próximas a instalarse dos plantas de 10 KW y 50 KW.

El potencial geotermoelectrico identificado en México es de 2000 MW.

NUCLEOELECTRICIDAD.— Después del uso bélico de la energía nuclear en la Segunda Guerra Mundial, ésta se utilizó para fines pacíficos y fue hasta 1957 cuando se puso en operación la primera central nucleoelectrica en Estados Unidos con una capacidad de 90 MW. Veintiún años después, en 1978 el mundo tenía 219 reactores nucleares en 23 países con una capacidad de 11,000 MW.

La energía nuclear, como su nombre lo indica, está contenida en el núcleo del átomo, constituido por neutrones y protones alrededor del cual giran los electrones a gran velocidad. Para liberar esta energía es necesario llevar a cabo una transformación cuyo resultado sea la producción de núcleos de masa mediana con deficiencia máxima de masa. Esta deficiencia de masa en el proceso se convierte en energía térmica por efecto de la equivalencia entre masa y energía ($E = mc^2$). De este proceso de transformación se derivan dos tipos de reacciones nucleares:

La Fusión.— Que es la unión de dos núcleos ligeros, que pueden ser deuterio y tritio (ambos isótopos del hidrógeno), para producir un elemento más pesado, como el helio. La reacción genera una ganancia neta de energía considerable ya que el núcleo final, aunque más pesado que alguno de los originales, pesa menos que la adición de los núcleos iniciales. Este fenómeno se produce solamente en condiciones de temperatura mayores a los 110 millones de grados centígrados, por lo que en la actualidad está en fase de investigación.

La Fisión.— Que consiste en la separación de dos núcleos pesados en dos núcleos más ligeros con deficiencia de masa. Un neutrón impacta un núcleo pesado (urano 235) rompiéndolo, lo cual origina: liberación de energía que se manifiesta en forma de calor, núcleos más ligeros, liberación de algunos neutrones y diversos tipos de radiaciones. Los neutrones liberados pueden impactar a su vez a otros núcleos pesados, liberando, así más energía y más neutrones. Este fenómeno que se repite sistemáticamente se le conoce como reacción en cadena, a la cual se le ha encontrado la forma de controlarla de modo que produzca energía continua hasta un nivel preestablecido. El dispositivo para llevar a cabo este proceso es el reactor nuclear.

En la actualidad la utilización de la energía nuclear se hace por medio de la fisión. Dentro del reactor nuclear se genera la energía térmica, la cual se extrae para calentar agua y producir vapor que moverá la turbina que al estar acoplada a un generador producirá electricidad. En esencia funciona como una central termoelectrica a base de hidrocarburos

con dos diferencias básicas: la caldera donde se produce el calor y el combustible. La caldera de una nucleoelectrica es el reactor y el combustible es el uranio (dependiendo del reactor se puede utilizar plutonio o torio).

Para tener una idea del poder calorífico del uranio natural, se puede establecer que una tonelada de éste equivale a 18,200 ton de carbón y una tonelada de uranio 235 totalmente fisiónable equivale a 2,600,000 ton de carbón.

Los reactores de uranio enriquecido y agua hirviendo (BWR), de uranio enriquecido y agua a presión (PWR) y de uranio natural y agua pesada a presión (HWPR, CANDU), son actualmente los únicos reactores comerciales en el mundo occidental. El enriquecimiento consiste en aumentar el porcentaje de uranio 235 que se encuentra en el uranio natural al 0.7% hasta un 2.5% ó 3.5% para obtener la base del combustible.

En 1978 el 7% de la electricidad en el mundo provenía de centrales nucleoelectricas instaladas, básicamente, en América del Norte, Europa, Japón y Rusia. Por su parte los países en desarrollo producen menos del 2% de su electricidad con este medio. Argentina, Brasil, India, Pakistán y Corea cuentan con este medio de generación eléctrica y Filipinas, México, Rumania y Yugoslavia están construyendo sus centrales nucleares.

Aunque las centrales nucleares han venido a resolver un problema, también plantean otros de índole ambiental y de seguridad, los riesgos asociados al transporte de combustible y las dificultades, no resueltas aún en su totalidad de procesar, almacenar o eliminar los desechos radiactivos.

Los recursos mundiales de óxido de uranio (U_3O_8) razonablemente aseguran dos se presentan en el cuadro 4.15, pág. 166 y en la figura 4.16, pág. 167.

Si bien la electricidad se puede generar mediante diversas tecnologías utilizando varias fuentes de energía, el suministro de esta tecnología tiene características sumamente especiales, sino es que únicas. La electricidad ha de ser proporcionada en el momento en que el consumidor la necesita y de forma instantánea y automática; no hay hasta la fecha dispositivos capaces de generar, almacenar y proporcionar dicho fluido en grandes cantidades, en el plazo preestablecido y de manera económica y un excedente en la capacidad instalada o una insuficiencia en la misma puede ocasionar efectos negativos en la economía de un país. Si aunado a lo anterior, se observa que el principal energético doméstico es la electricidad, podrá aquilatarse el valor que ésta tiene en el confort de la humanidad y por ende en sus posibilidades y necesidades de desarrollo.

A manera de reflexión lineal resulta de interés enfatizar los siguientes puntos:

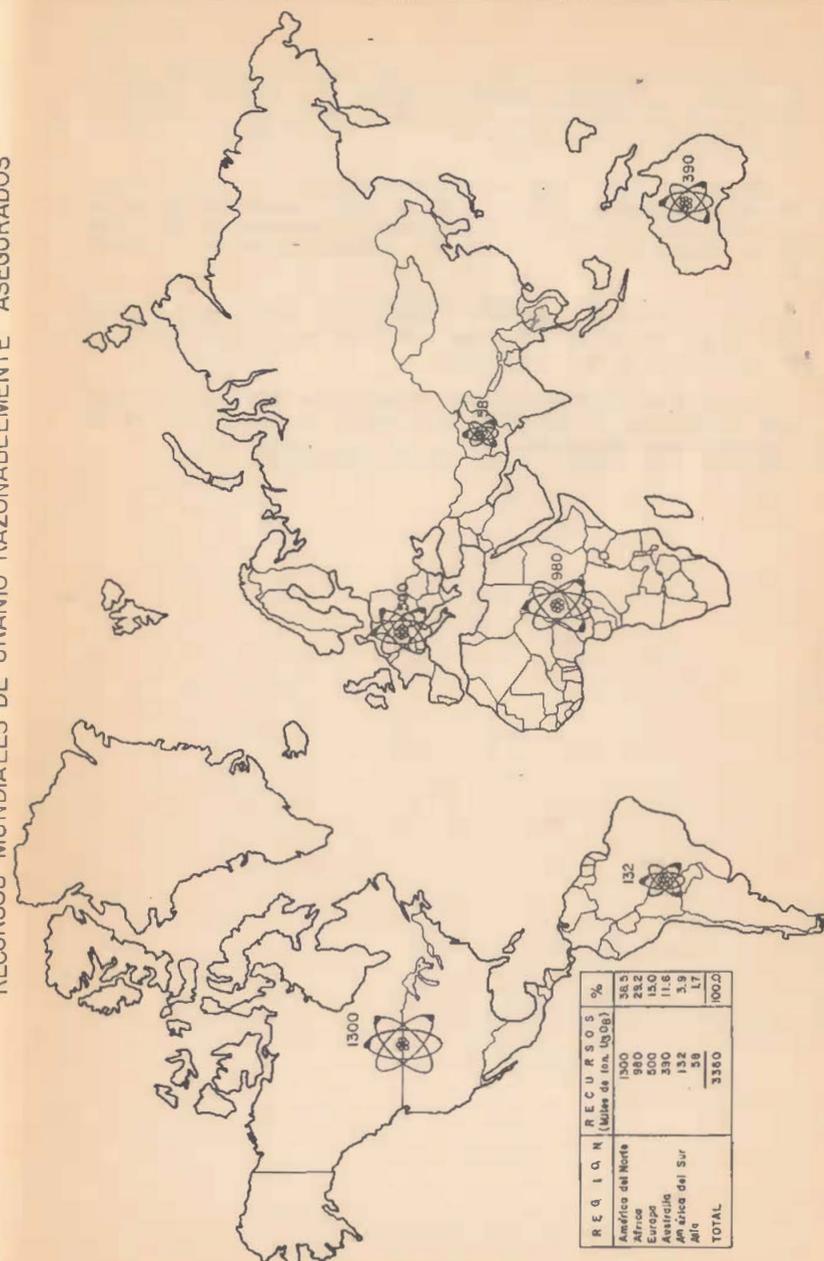
- Es necesario comprender que vivimos en un planeta que tiene una cantidad finita de recursos minerales, que los humanos que la habitamos cada día somos más y por lo tanto necesitamos de más recursos energéticos que en épocas pasadas.

RECURSOS MUNDIALES DE URANIO RAZONABLEMENTE ASEGURADOS (1) EN 1979 (miles de toneladas de U ₃ O ₈)		
	\$ 30/lb (2)	\$ 50/lb (2)
Estados Unidos	690	920
Sudáfrica	320	508
Canadá	280	305
Nigeria	210	210
Namibia	152	173
Brasil	96	96
Francia	51	72
India	39	39
Argelia	36	36
Argentina	30	36
México	9	9
Otros	480.4	936.4
TOTAL	2,393.4	3,340.4

(1) No se consideran: China, Rusia y Países Socialistas.
 (2) Precios en dólares por libra estimados por el Department of Energy de Estados Unidos (DOE).
 Fuente: Revista Energéticos, Año 4, No. 1, Enero 1980.

Cuadro 4.15

RECURSOS MUNDIALES DE URANIO RAZONABLEMENTE ASEGURADOS*



* Se excluyen: República de China, Unión Soviética, y países socialistas.

FUENTE: REVISTA ENERGÉTICOS, ENERO DE 1980.

Figura 4.16

- Los combustibles fósiles abastecerán nuestras necesidades de energía durante los próximos veinte o treinta años. En este período es posible que se utilicen en forma masiva otras fuentes de energía cuyo uso actual es incipiente.
- La energía que tiene el planeta es grandísima y si se logra aprovechar durará mientras la Tierra y el Sol sigan como hasta ahora. Las decisiones que tomen acerca del adecuado o inadecuado uso de la energía no impiden afirmar que la energía durará lo que dure la humanidad.
- La estabilidad social, económica y política de este planeta dependerá en el futuro de las decisiones y acciones que ahora se toman, más aún también de las que no se tomen.
- La ciencia y la tecnología tienen frente a sí un reto y unas posibilidades grandísimas de superarlo, no obstante que el tiempo es uno de sus más grandes obstáculos.

CAPITULO 5

CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE

"Si el hombre continúa permitiendo que su conducta sea dominada por el separatismo, el antagonismo y la avaricia, destruirá los precarios equilibrios de su ambiente planetario. Y si alguna vez fueran destruidos éstos, su vida habrá terminado".

Barbara Ward.

LA CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE

INTRODUCCION

El medio ambiente - definido como el ámbito del sistema externo, físico (biótopo) y biológico en el que habita el hombre y otros organismos (biocenosis) - es una entidad propia. La utilización adecuada del medio ambiente depende del conocimiento de sus rocas, sus cuerpos y corrientes de agua; de los suelos, su vegetación actual y potencial; la vida animal y sus posibilidades potenciales para la cría de ganado, así como el clima en general. Tal aprovechamiento requiere de una planificación positiva y realista para lograr el equilibrio entre las necesidades humanas y el potencial del medio ambiente para satisfacerlas.

El medio ambiente, no es un simple conjunto de condiciones naturales: *es la imagen de la población que lo ha creado y, simultáneamente, es el molde de esa sociedad.* La interdependencia del hombre y el medio influye sobre el desarrollo cultural y social de los pueblos, de tal manera que para alcanzar mejores condiciones de vida es necesario obtener una transformación cultural. Así concebido, cualquier intento de establecer una política de ordenación del medio ambiente sin antes considerar las consecuencias socioculturales de los problemas que se plantean, sólo conducirá a errores sociales.

Una buena ordenación del medio ambiente, que implica el conocimiento de sus problemas ambientales, depende estrechamente de la organización, valores y objetivos de la sociedad. Los cambios en la relación entre el hombre y su medio ambiente físico dependen en buena medida de los correspondientes a su organización y a los fines de la sociedad. Si el hombre quiere olvidarse de la situación actual en la que se dedica mucho esfuerzo y recursos a corregir errores del pasado, debe preocuparse por construir una sociedad que sea intrínsecamente compatible con su medio ambiente.

LOS LIMITES DEL MEDIO AMBIENTE

Es fácil percibir que la tierra tiene una dimensión finita, que recibe una cantidad determinada de radiaciones solares, que tiene un potencial también finito de productividad vegetal y que, por consiguiente sólo puede

de satisfacer las necesidades básicas de un número finito de personas. Pero no sabemos cuál es la capacidad máxima de la tierra o qué factores son más susceptibles de limitar los procesos de desarrollo social; así pues, los *límites extremos* todavía no han podido definirse con precisión.

Una situación es innegable. La biósfera no es ambientalmente uniforme, los países se diferencian por sus recursos ambientales, algunos tienen necesidad de luchar contra los extremos de calor o frío, mientras que otros no poseen recursos de energía o marinos. No hay una solución general que sirva para todas las situaciones, por lo que debido a ese desbalance de los recursos ambientales, el desarrollo de los países requiere de una interdependencia.

En los trópicos existen grandes extensiones de bosques, en los cuales una gran cantidad de elementos nutricios esenciales se encuentran en los árboles, si la tala y la quema destruyen tales elementos al mismo tiempo que el terreno se hace más susceptible a la erosión, se puede perder mucha de la fertilidad del ecosistema. Sin embargo, en las regiones templadas del mundo, de clima más benigno, existen suelos fértiles, pese a milenios de utilización agrícola continua. Esta diferencia en la capacidad de los distintos sistemas para mantener su productividad biológica, cuando son manipulados por el hombre, pueden constituir *límites extremos* en el sistema, para la explotación productiva de la tierra.

Los diversos ecosistemas poseen, indudablemente, la capacidad de recibir, transformar y recircular infinidad de productos; entre ellos, los desechos generados por la sociedad y la industria que han utilizado esa capacidad a través de toda la historia. Con el gran desconocimiento del límite extremo, de esa cantidad máxima de materia no utilizable, de la que el hombre puede deshacerse arrojándola a la tierra, al aire, al agua dulce o al océano, sin provocar un cambio inapreciable e irreversible, resulta prudente preguntarse: ¿Es legítimo utilizar esta capacidad del medio ambiente cuando no es posible prever sus consecuencias?

CAUSAS Y EFECTOS DEL DETERIORO DEL MEDIO AMBIENTE

El hombre no daña intencionalmente su medio ambiente, de la misma forma que ningún ser racional destruiría deliberadamente su propia vivienda. Sin embargo, cuando el hombre actúa para satisfacer sus necesidades, cuando cultiva alimentos, cría ganado, construye presas y carreteras, establece industrias y zonas urbanas; sus actividades tienen a menudo efectos secundarios que son perjudiciales para el medio ambiente. En ocasiones estos efectos ambientales secundarios pueden hacer difícil e incluso imposible, la continuación de sus actividades primarias.

Más de una vez la explotación impropia de los recursos disponibles ha sido la causa principal de la decadencia de diversas civilizaciones, - basta mencionar la matanza de búfalos en Norteamérica en el siglo pasado, que en menos de 60 años (de 1830 a 1887) redujo la población de búfalos de 40 millones a 200 unidades. Siendo el principal alimento de las tribus de la región, éstas diezmaron al reducirse la alimentación. Por su parte, los colonizadores sólo cazaban a los búfalos para comerciar con la piel - y no resulta fácil establecer si la causa de la degradación del medio ambiente es la acción del hombre a través de sus actividades sociales, culturales y productivas, o bien, si la relación es en sentido inverso.

Los cambios en el medio ambiente que afectan al hombre son el resultado de la magnitud, en calidad y cantidad, de un buen número de fenómenos que han engendrado las acciones humanas en la superficie del planeta. Por su parte, la sociedad industrial, que tan eficiente se ha mostrado para incrementar el ritmo de producción, no se había preocupado por dar un destino adecuado a los desechos que origina. Así, los residuos industriales, los gases y polvos exhalados por las fábricas y los automotores, los pesticidas aplicados cada día de manera más frecuente en los países agricultores -y vendidos al extranjero en forma irresponsable por los países altamente industrializados-, y últimamente los materiales nucleares, tanto del desecho de *usos pacíficos* como del de pruebas nucleares, se van acumulando paulatinamente en el agua, en el suelo, en el aire y hasta en los tejidos de los propios seres vivos.

La sobrepoblación provocada en parte por el dominio que ha tenido el hombre de las principales causas limitantes de su especie como el control de epidemias y la disminución de acciones bélicas, se constituye como una de las causas fundamentales que tienden a deteriorar el medio ambiente. Los demógrafos señalan que ocurren cuatro nacimientos y dos fallecimientos cada segundo. Los 3 700 millones de personas que había en el mundo en 1972 aumentaron a 4 000 millones en 1975 y se espera que superen los 7 000 millones para el año 2 000.

Gran parte de esta población emigra de las zonas rurales para hacinarse en las áreas urbanas, presentándose entonces, desequilibrio entre ciudad y campo, en donde las zonas rurales padecen de subdesarrollo al faltar "brazos" para el cultivo, en tanto que la sobrepoblación es una lacra para la ciudad.

El rápido crecimiento de la población en aquellas ciudades donde ya se presentan problemas de asentamientos humanos y falta de planeación y ordenación en tales asentamientos, ocasiona que alrededor de áreas donde los recursos se tienen hasta el grado de despilfarro, se originen zonas de gran pobreza; caracterizadas por una vivienda precaria, salud deficiente, desnutrición, desempleo, carencia o ineficiencia de los servicios públicos, etc.

El medio ambiente de las zonas marginadas está deteriorado: existe contaminación del agua y del aire, destrucción de espacios abiertos, inadecuado manejo de los desechos humanos y por lo tanto un ambiente peligroso para la salud física y psicológica de la gente afectada. La relación causa efecto, nuevamente resulta difícil de diferenciar.

El concepto de *límites extremos* aplicado al medio ambiente, se utiliza ocasionalmente para la contaminación y bajo este contexto un *límite extremo* sería la cantidad máxima de un elemento, sustancia, energía u organismo que puede ser arrojado al medio ambiente sin que sobrevenga un cambio inaceptable.

Si ese mismo elemento o sustancia es liberado en una cantidad máxima, en el lugar inadecuado y en el momento inoportuno, sería capaz de provocar, en forma directa o indirecta, mediata o inmediata, efectos nocivos al hombre o a sus recursos. Más aún si se libera en cantidades mayores a las permisibles por el sistema, se tendría entonces un medio ambiente incapaz de absorber o dispersar dichos productos y por ende: contaminado.

El hombre ha producido y producirá siempre algún tipo de contaminante. En las condiciones actuales, consecuencia de un crecimiento elevado de la población, del desarrollo industrial y del afán de proporcionar niveles de vida más confortables a la población; los países industrializados se ven afectados ya, por la contaminación del medio ambiente. Tal situación puede ayudar a los países menos industrializados a resolver sus problemas, siempre y cuando éstos puedan servirse de las costosas experiencias ajenas para evitar los errores y las malas prácticas observadas por otros países.

Un caso concreto se presenta en la agricultura de los países subdesarrollados, que adoptaron una tecnología cuyos insumos provocaron la contaminación de las aguas y los suelos y sólo parcialmente respondieron al reto de incrementar la productividad de los alimentos requeridos por sus pobladores. En muchas ocasiones no es posible imitar el estilo tecnológico de los países desarrollados e industrializar y modernizar la agricultura de los países subdesarrollados. Es necesario apoyar y confiar, en la capacidad de las sociedades, para identificar, por sí mismas sus propios problemas y para aportar soluciones originales, inspirándose en la experiencia de los demás.

La humanidad se encuentra expuesta cada vez más a los efectos de los contaminantes que le causan daños diversos, como intoxicaciones por sustancias químicas o alteraciones cromosómicas que se evidencian en las generaciones posteriores a través de malformaciones; siendo tales efectos directos y genéticos respectivamente. Entre los efectos indirectos que afectan al hombre, se podrían mencionar la alteración del clima local (micro-clima), decremento en la producción de alimentos, alteración del nivel de pureza del agua potable, incremento nocivo de residuos industriales en las aguas destinadas al riego, y en general todo aquel contaminante que altere el clima mundial, y la biosfera.

Finalmente resulta necesario entonces, admitir que la contaminación no debe considerarse, únicamente, como una degradación del medio ambiente; sino que también es imprescindible tomar en cuenta los factores socio-económicos y políticos. Estos se derivan de una actitud de despilfarro, eminentemente consumista y básicamente de una desigual distribución de la riqueza, lo cual decreta progresivamente la calidad de vida de numerosos grupos de población, reduciéndolos a la cada vez más nociva y peligrosa miseria humana.

LA CONTAMINACION Y EL CLIMA MUNDIAL

El clima terrestre depende de un conjunto de variables que interactúan en un sistema complejo; un cambio, aparentemente imperceptible, en una de las variables involucradas puede producir cambios climáticos de graves consecuencias para la humanidad.

Durante las últimas décadas se han estudiado las posibles consecuencias que tiene sobre el clima el aumento del contenido de bióxido de carbono en la atmósfera, ocasionado por la utilización de combustibles fósiles; asimismo, los cambios en la turbiedad atmosférica causados por erupciones volcánicas y actividades humanas. También se ha manifestado una gran preocupación a últimas fechas por la posible reducción de la cantidad de ozono existente en la estratósfera, provocada por los vuelos supersónicos, y a la continua liberación de clorofluorometano (utilizado como propulsor de pulverizadores en la industria de la refrigeración). Además, se ha dicho que tanto por el proceso de fabricación de fertilizantes nitrogenados como por su utilización, se podrían tener emisiones que incrementen la cantidad de óxido de nitrógeno en la atmósfera, situación que también afecta a la mencionada capa de ozono.

Sabido es que en la actualidad, la mayor parte de las necesidades de energía de la humanidad son satisfechas mediante la quema de madera o de combustibles fósiles, lo que además de liberar bióxido de carbono, también produce partículas sólidas y gran cantidad de calor local. Se ha visto que la energía nuclear tiende a sustituir a los hidrocarburos en la producción de energía, aunque su principal uso actual es la fabricación de armas nucleares; las pruebas nucleares atmosféricas y subterráneas realizadas, han afectado las condiciones locales de vida y han esparcido la radiactividad a miles de kilómetros de distancia.

La evaluación de los efectos de la contaminación en el clima mundial no se ha estudiado a fondo; pero se sabe que algunas partículas y sustancias específicas han demostrado una interacción nociva respecto al clima mundial; por lo que organismos mundiales han designado una parte importante de sus presupuestos para realizar su estudio detallado.

LA CONTAMINACION Y EL HOMBRE

La contaminación, que afecta al clima también afecta al hombre en cualquier lugar en que se encuentre. No obstante, la mayoría de los problemas de contaminación están localizados y son análogos, mas su gravedad depende de la forma de vida de las personas afectadas. Así, mientras algunos países se preocupan por los altos índices de contaminación atmosférica en sus ciudades, otros tienen graves problemas de tipo sanitario.

En los países en desarrollo, la alimentación deficiente, la desnutrición y las enfermedades infecciosas, asociadas a la escasa higiene ambiental y al suministro de agua contaminada, causan grandes estragos en la población. Esto en parte, se ocasiona porque en estos países se ha adelantado el proceso de urbanización al de industrialización, y los problemas de vivienda y de disposición de servicios sanitarios adecuados se ve acrecentado por la falta de financiamiento y de personal diestro y capaz para resolverlos.

A medida que avanza la industrialización, aumentan rápidamente los diversos peligros químicos y físicos a que están expuestos los habitantes. El riesgo por el manejo de los materiales tóxicos, de los aditivos y contaminantes alimenticios, surge como un problema potencialmente importante, ya que es posible que una considerable proporción de cáncer en los países desarrollados sea motivada por la acción de dichas sustancias durante largos períodos.

Otro problema creciente en las zonas urbanas e industriales es el ruido. Es evidente que contribuye en forma importante a la tensión psicológica que sufren los habitantes que viven bajo dichas condiciones.

Sean cuales fueren las condiciones económicas de los países, ricos o pobres, desarrollados o en desarrollo, industrializados o no, los problemas ambientales plantean a todos un reto fundamental: la supervivencia y el buen estado del planeta Tierra.

LOS CONTAMINANTES

Como consecuencia de un rápido crecimiento industrial del uso irresponsable de la tecnología y de un alto grado de desconocimiento del planeta, todo lo cual no nos exime de culpa; el contenido de sustancias tóxicas en el ambiente se incrementa. La biosfera se *enriquece* con sustancias químicas indeseables; liberadas en la atmósfera, se precipitan sobre los suelos, se mezclan con el agua y se van esparciendo en todo el ecosistema, pudiendo llegar a límites que ponen en peligro al precario equilibrio ecológico.

La atmósfera adquiere del orden de seis mil millones de toneladas de gas carbónico cada año. La actividad humana produce tal cantidad de polvo que un litro de aire es una región industrial contiene hasta un millón de partículas, cifra que es superior en cincuenta veces a la de una zona boscosa. Las aguas dulces navegables se ven invadidas por los hidrocarburos. Diez litros de aceite repartidos sobre una hectárea de agua producen una película de 10^{-4} cm de espesor, con lo cual se reduce fuertemente la posibilidad de reoxigenación del agua subyacente y pone en peligro la vida animal y vegetal. La sociedad de consumo ha creado *magníficos* estuches que se tiran minutos, horas o meses después de usarlos, formando así grandes pilas de material plástico, vidrio, hierro (ce

menterios de automóviles), caucho (llantas), etc., que se van almacenando e invadiendo zonas poco rentables económicamente, pero de gran valor para el desarrollo de la fauna y flora naturales. Según la Organización Mundial de la Salud anualmente 500 mil personas son envenenadas por los pesticidas y 5 mil mueren a causa de éstos. El uso militar y pacífico de la energía nuclear ha creado ansiedad y miedo generalizado en poblaciones enteras, como el caso de la planta nuclear de la Isla de las Tres Millas en Pensylvania en 1979, de donde se escaparon venenos radiactivos y se derramaron cientos de miles de litros de agua contaminada al río. Por otro lado, el ruido que causan los aviones, los vehículos automotores y el martilleo de la maquinaria neumática sobrepasa el umbral de tolerancia del oído humano. Un alto porcentaje de padecimientos respiratorios y de cáncer que sufre la población son debidos a la presencia de productos químicos en el medio ambiente.

Los plásticos, solventes sintéticos, ruido, insecticidas, detergentes, combustibles, aleaciones metálicas, aditivos, antibióticos, etc. se incorporan al medio ambiente, donde muchos de ellos tienen un efecto negativo; a algunos otros se les investiga para determinar sus concentraciones y de otros se carece completamente de información.

La vigilancia permanente, obligación de todos los ciudadanos del planeta, de los efectos de infinidad de sustancias que inhalamos, que tocamos y con las que nos alimentamos, nos permitirá conocer sus intrincadas relaciones para diferenciar aquellos contaminantes reales de los que no lo son.

Por ser relativamente nuevo el estudio de los contaminantes se han desarrollado dos métodos para manejar sus posibles efectos sobre el medio ambiente. El *pasivo* presupone que la sustancia bajo estudio no es perjudicial hasta que se demuestre lo contrario, y el *activo* que considera que toda nueva sustancia es potencialmente perjudicial hasta que no se demuestre lo contrario. Al hablar de *perjudicial*, *nocivo*, *tóxico*, etc. se considera como punto central el efecto de los agentes contaminantes respecto al hombre, más no egocéntricamente; sino que las interconexiones de los elementos que integran un medio ambiente pueden resultar de tal magnitud y naturaleza que ya sea de forma directa o indirecta afecten al hombre en forma mediata o a largo plazo.

Los agentes contaminantes pueden clasificarse según su naturaleza en físicos, químicos, biológicos y psicosociales. Desde una perspectiva geográfica, los contaminantes pueden afectar en forma local, regional o mundial. De acuerdo a los recursos que afectan: agua, tierra, aire, alimentos, a través de todo un ciclo biológico o cadena alimentaria o según elementos individuales o sociales, como la población de una comunidad.

Para la descripción de los agentes contaminantes, en el presente documento se ha elegido aquella que va de acuerdo a los recursos, tanto por su objetividad como por la relación que guarda con el tema "Recursos Naturales".

CONTAMINANTES DEL AIRE Y DE LA ATMOSFERA

No es posible concebir el desarrollo de la humanidad hasta nuestros días, sin la utilización de fuentes de energía. Por una serie de características de orden técnico y por su bajo costo, la sociedad basó su desarrollo en el empleo de los hidrocarburos, sin considerar los efectos que sobre el medio ambiente podría ocasionar una utilización masiva de dicho combustible. La industria metalúrgica, metal-mecánica, petrolera, química, de alimentos, de la construcción y del papel; la industria eléctrica a través de las plantas termoeléctricas, así como los automotores son los principales contaminantes del aire.

La industria nuclear, con tan diversificados usos, produce ciertos contaminantes que son descargados a la atmósfera con efectos sumamente graves y que por su naturaleza se tratarán en forma particular más adelante.

Los más serios contaminantes del aire conocidos hoy son:

- óxidos de azufre,
- sustancias particuladas o partículas,
- óxidos de carbono,
- hidrocarburos,
- oxidantes fotoquímicos y
- óxidos nitrogenados.

OXIDOS DE AZUFRE.- A pesar de considerables lagunas en el conocimiento de los daños causados por óxidos sulfúricos, es generalizada la opinión de peligro a la salud, lo cual se ha corroborado con estudios epidemiológicos, clínicos y fisiológicos.

Los combustibles y aceites fósiles utilizados en la generación de energía eléctrica, la industria y el transporte, contienen cantidades significativas de azufre. La combustión de estos combustibles libera a la atmósfera dióxido de azufre (SO_2), que a su vez al oxidarse se transforma en trióxido de azufre (SO_3) dando lugar a los ácidos sulfuroso (H_2SO_3) y sulfúrico (H_2SO_4), bajo ciertas condiciones de humedad ambiental.

El dióxido de azufre (SO_2) es un gas incoloro, inflamable y no explosivo, perceptible al hombre en concentraciones desde 0.3 ppm (partes por millón) hasta 1 ppm en el aire. Tiene aroma irritante y penetrante en concentraciones mayores a las 3 ppm. Se considera peligroso para la salud cuando su concentración en el aire sobrepasa las 0.04 ppm. Se ha observado que el número de muertes por bronquitis y cáncer pulmonar se incrementa, si este nivel de SO_2 se acompaña por 0.06 ppm de humo. El humo (smoke en inglés), el SO_2 y sus compuestos que forman nieblas (fog en inglés), al estar contenidos en la atmósfera se manifiestan en forma de verdaderas cortinas de humo y niebla, fenómeno conocido con el nombre de *smog*. Este fenómeno, reduce la visibilidad, ya que absorbe, dispersa y refleja la luz, y llega a reducir hasta un 50% la radiación solar.

Se han efectuado experimentos sobre diversos materiales con los óxidos de azufre, llegando a las siguientes conclusiones:

- La vida del equipo eléctrico aéreo, tensores y cables se reduce en 1/3 en áreas muy contaminadas.
- Los índices de corrosión son de 1.5 a 5.0 veces mayores en atmósferas contaminadas que en áreas rurales.
- En materiales para construcción como piedra caliza, mármol, pizarra y argamasa, al igual que en estatuas y otros objetos de arte, causa decoloración y deterioro.
- Fibras como el algodón, rayón y nylon sufren daño y decoloración.
- La piel y el cuero pueden perder su resistencia.
- El papel puede decolorarse y quebrarse.

Las observaciones hechas sobre la forma en que los óxidos de azufre afectan a la vegetación son las siguientes:

- Puede ocasionar lesiones agudas o crónicas en las hojas de las plantas dependiendo de la variedad; principalmente afectan a los pinos y otras coníferas.
- Las lesiones agudas, producidas por altas concentraciones durante cortos períodos, provoca el secado de los tejidos (necrosis).
- Las lesiones crónicas, producidas por bajas concentraciones durante largos períodos (días o semanas), provocan el amarillamiento de las hojas (clorosis), en el cual el mecanismo de fabricación de clorofila se ve inhibido.

SUSTANCIAS PARTICULADAS O PARTICULAS.— El término "*partículas*", aquí utilizado, significa cualquier material, sólido o líquido, en el cual los agregados individuales son mayores que pequeñas moléculas aisladas; mayor de 0.002 micrones (1 micron = $1 \mu = 1/1000$ milímetros) y menor de 500 micrones.

Las partículas atmosféricas son químicamente diferentes, sin embargo tienen varias propiedades físicas en común y se clasifican como aerosoles (si son < 0.1 micrones) que pueden estar suspendidos en el aire desde algunos segundos hasta algunos meses.

Algunas de las partículas son sumamente tóxicas, por ejemplo: fluoruros, berilio, plomo, amianto (asbesto); aunque no necesariamente en los niveles bajos de la atmósfera.

Las comunidades urbanas son las que están más expuestas a este tipo de contaminantes, y su consecuencia más grave es el peligro que constituye para la salud. La vía principal de acceso de estos contaminantes al cuerpo es el sistema respiratorio.

El dióxido de azufre y el hollín, (contiene berilio, arsénico y molibdeno en suspensión), provocan mortalidad y morbilidad por bronquitis crónica y enfisema pulmonar.

Existen numerosas fuentes contaminantes de metales pesados tóxicos: la combustión del carbón, que produce emisiones de plomo y mercurio; la combustión de algunas gasolinas, que contienen plomo tetraetil como antide-tonante diseminan plomo en la atmósfera; la calcinación de minerales y la fusión de metales, que producen plomo, zinc, cobre y cadmio; los catalizadores de la industria de la pulpa y el papel producen mercurio; en la fabricación de acumuladores eléctricos para autos, en las operaciones de plástica y relleno de carrocerías de autos y en la fabricación de plásticos, pinturas de plomo, barnices y esmaltes, se libera plomo en grandes cantidades; finalmente en la fabricación de pastas para balatas, se liberan cantidades considerables de asbesto.

El plomo interfiere con la síntesis de la fracción hem de la hemoglobina de la sangre, produciendo una enfermedad denominada saturnismo que puede ser aguda o crónica.

La acumulación de metales tóxicos pesados puede ser seguida de la desaparición progresiva de líquenes que colonizan los troncos y las ramas de los árboles.

Las sustancias particuladas tienen los siguientes efectos sobre los materiales:

- Las partículas aceitosas o grasosas contribuyen a la corrosión y ocasionan fallas en contactores eléctricos.
- El polvo interfiere contactos y puede tener efectos abrasivos en las superficies de los contactos.
- Las partículas se adhieren a las superficies, formando una capa que frecuentemente no es lavable por la lluvia.

MONOXIDO DE CARBONO.— El monóxido de carbono (CO) es el contaminante del aire más distribuido y común, se origina por la combustión incompleta de sustancias carbonosas utilizadas como energéticos en los vehículos automotores, calefacción, procesos industriales y quema de residuos. Por ejemplo, un motor de automóvil que consuma 1000 litros de combustible puede producir: 290 kg de CO, 33 kg de hidrocarburos no quemados, 11 kg de óxido de nitrógeno y 1 kg de dióxido de azufre. El monóxido de carbono es un gas muy tóxico, que también se produce por la explosión de armas de fuego, y el humo del cigarrillo lo contiene en grandes concentraciones. Es absorbido exclusivamente por los pulmones y la mayoría de sus efectos tóxicos son resultado de su reacción con hemoproteínas; al reaccionar el CO con la hemoglobina se forma carboxy-hemoglobina, lo cual reduce la capacidad de la sangre de transportar oxígeno; en altas concentraciones puede provocar la muerte.

HIDROCARBONOS.— Los hidrocarburos (HC), representan combustible no quemado. En concentraciones normales no son tóxicos, pero tienen un papel preponderante en la formación de smog fotoquímico.

Más de la mitad (60%) de los 32 millones de toneladas de hidrocarburos producidos anualmente, provienen de los motores de combustión interna empleados en la transportación, el 14% de procesos industriales y el resto de diversas combustiones.

Los hidrocarburos no contribuyen a la contaminación fotoquímica del aire por su exposición a la luz solar, sino por reaccionar con átomos de oxígeno, con moléculas excitadas de oxígeno y ozono y con algunos radicales libres como el dióxido de nitrógeno que son generados por la acción de la luz solar, sobre otros componentes de la atmósfera. Bajo ciertas condiciones atmosféricas, los hidrocarburos forman derivados que son peligrosos; principalmente dos aldehídos: formaldehído y acroleína. El principal efecto del formaldehído sobre los seres humanos es la irritación de membranas mucosas, tales como las de los ojos y nariz, aunque la irritación de la piel también es posible, exposiciones repetidas, pueden producir irritación crónica de éstos órganos. Algunos de los principales síntomas observados después de una exposición a formaldehído en dosis no fatal son: lacrimación, estornudos, tos, disnea, sensación de sofocamiento, taquicardia, cefalea, debilidad y fluctuaciones de temperatura corporal.

La acroleína es más irritante y tóxica que el formaldehído. Sus vapores son altamente tóxicos y extremadamente irritantes para las vías respiratorias. En continuo contacto con la piel puede producir dermatitis.

OXIDOS DE NITROGENO.- Los óxidos de nitrógeno (NO) son productos de la combustión a muy altas temperaturas. Las principales fuentes de emisión de óxidos de nitrógeno son las plantas estacionarias para generación de energía eléctrica, accionados por motores de combustión interna, y los automotores.

El nitrógeno se combina con el oxígeno en flamas a altas temperaturas y tiende a volverse una combinación estable si los gases residuales se enfrían rápidamente. De los óxidos de nitrógeno conocidos, sólo dos de ellos se emiten a la atmósfera en forma considerable: el óxido nítrico (NO) y el dióxido nítrico (NO₂). El primero, en concentraciones ambientales, no representa peligro para la salud, pero el segundo, sí. El primero tiende a oxidarse a dióxido nítrico, el cual en concentraciones mayores de 100 ppm son letales a la mayoría de las especies animales y juega un papel importante en el desarrollo de enfermedades pulmonares crónicas en el hombre.

OXIDANTES FOTOQUIMICOS.- En los párrafos precedentes, se ha hecho una explicación superficial de las fuentes y efectos directos de los principales contaminantes del aire. En el análisis de la formación de oxidantes fotoquímicos se ampliará la comprensión de contaminantes del aire, incluyendo fenómenos químicos y atmosféricos que a su vez producen nuevos problemas de contaminación.

El nitrógeno del aire puede oxidarse por el dióxido nítrico, que absorbe los rayos ultravioleta y es aquí el punto de partida de las reacciones fotoquímicas. Los hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y otros contaminantes, inician sus reacciones en presencia de la luz solar, provocando los llamados smogs oxidantes, uno de cuyos constituyentes más peligrosos es el ozono (O₃). El smog oxidante es el principal causante de la caída de las hojas de los vegetales y de la irritación de las mucosas en los seres humanos. Experimentos realizados, han demostrado disminución de la capacidad vital y reducción del volumen respiratorio de las personas expuestas a atmósferas con 0.5 ppm de ozono.

OZONO EN LA ATMOSFERA.- El ozono al que se hace referencia en el párrafo

anterior, está localizado en la tropósfera (aproximadamente 1 km de espesor sobre la superficie terrestre), puede ser perjudicial para la salud humana y el crecimiento vegetal; pero en este punto, se analizará el ozono atmosférico, que es de importancia vital para el hombre.

Las mayores concentraciones de ozono se encuentran en la estratósfera, región de la atmósfera ubicada entre los 10 y 50 km de altura en las grandes latitudes, y entre los 18 y 50 km en las bajas. La fuente de energía predominante en la estratósfera es la absorción de radiación ultravioleta por el ozono, con lo cual se explica el aumento de la temperatura media, desde unos 50°C bajo cero hasta 3°C bajo cero, entre el límite inferior de la estratósfera (tropopausa) y su límite superior (estratospauza). El fenómeno del aumento de la temperatura con la altitud disminuye considerablemente la mezcla vertical de aire en la atmósfera, siendo ésta la principal razón de que los materiales inyectados en la estratósfera pueden permanecer mucho tiempo en ella.

Si la luz solar no habría vida sobre la Tierra, no obstante, demasiada luz solar puede perjudicar a los organismos vivos. En su concentración más alta, alrededor de los 30 km de altitud, el ozono no se encuentra a más de una parte por cada cien mil y esa mínima parte protege a los organismos que se encuentran a nivel del suelo de la perjudicial radiación ultravioleta (UV), que causa eritemas (cambios de coloración en la piel) solares en el hombre y tiene otros marcados efectos biológicos negativos.

En la absorción de la radiación ultravioleta, además del ozono participan otros mecanismos en forma tan compleja, que no se ha podido estudiar a fondo este fenómeno. En condiciones naturales, los catalizadores destructores naturales del ozono se encuentran en el mismo sistema: hidrógeno atmosférico (radical hidroxilo: OH) y nitrógeno atmosférico (óxido nítrico: NO); los cuales mantienen en equilibrio la cantidad de ozono estratosférico.

No obstante la protección natural de la tropósfera contra la contaminación, hay actividades humanas que añaden cantidades considerables de catalizadores destructores de ozono, primeramente los clorofluorometanos, utilizados como gases impulsores de aerosoles y como refrigerantes, y otros productos sintéticos como el tetracloruro de carbón y el clorofluoruro de metilo se mantienen estables en la baja atmósfera; pero al iniciarse la reacción fotoquímica en la estratósfera, por efecto de la radiación ultravioleta, se transforman para formar cloro libre que es catalizador de ozono. En segundo lugar, las aeronaves (civiles y militares) que vuelan sobre la tropopausa, emiten óxidos de nitrógeno en sus gases de escape, con lo cual incrementan el catalizador natural del ozono en dicha capa atmosférica. Las explosiones nucleares en la atmósfera podrían perforar la tropopausa, impulsando a la estratósfera óxidos de nitrógeno y cloro, perjudiciales para el ozono. Finalmente el uso de fertilizantes nitrogenados en escala intensiva, junto con la combustión de petróleo, gas, etc. pueden añadir cantidades considerables de compuestos nitrogenados a la atmósfera.

Los efectos de un aumento en la radiación ultravioleta sobre el hombre son: quemaduras, envejecimiento, deterioro de la piel y diversas formas de cáncer cutáneo; además del posible daño en el material genético de las células (DNA) causando mutaciones. En las plantas se ha observado que algunas son resistentes al aumento como el trigo y el sorgo; mientras

que otras son sumamente sensibles: rábanos, frijol y tomate. Finalmente la fotosíntesis del fitoplancton, base de la cadena alimentaria de los ecosistemas marinos, puede verse reducida hasta en un 60%.

CONTAMINANTES DEL AGUA

Hasta 1948 apareció en los Estados Unidos de Norteamérica la primera Acta Legislativa Federal para el control de la contaminación del agua y la primera legislación permanente salió a luz en 1956; ya que anteriormente "se consideraba que la contaminación era el precio del progreso".

La principal preocupación por el agua contaminada surgió de su peligro como medio transmisor de enfermedades epidémicas, por lo que los departamentos de salud de varios países iniciaron el manejo de programas de contaminación acuática.

Los programas sanitarios y la legislación sobre contaminación de aguas se han ampliado notablemente hasta abarcar varios aspectos concernientes al medio ambiente, incluyendo recreación y estética. Aunque en algunos países los problemas epidémicos son cosa de la historia, para otros sigue siendo vigente, y ahora para los primeros su problema se centra en los efectos de ciertas cantidades tóxicas, arrojadas al agua, sobre los humanos y otras formas de vida.

Existen dos principales razones para explicar la creciente contaminación de las aguas: primero, el crecimiento de industrias y ciudades ha multiplicado la contaminación de vías acuáticas y segundo, ha aumentado la demanda de nuestra sociedad por la recreación al aire libre relacionada con las aguas (playas, albercas, deportes acuáticos) debido a la ancestral afinidad del hombre por el agua.

Los contaminantes del agua son todas aquellas sustancias que impiden que un volumen de agua sea utilizada para un propósito definido.

Los principales contaminantes del agua son: agentes biológicos, sedimentos, sustancias químicas inorgánicas y minerales, sustancias orgánicas sintéticas, sustancias radiactivas y calor. En el cuadro 5.1 se señala el tipo de contaminante del agua y a qué uso afecta mayormente dicho contaminante.

AGENTES BIOLÓGICOS.- Esta categoría incluye organismos causantes de infecciones que son transportados a la superficie y al fondo de las aguas por aguas residuales de casas habitación, de instituciones y por cierto tipo de industrias como empacadoras de carnes, ingenios, plantas de curtido y productoras de papel. Muchos de estos desperdicios son destruidos por bacterias en presencia de suficiente oxígeno, el cual es básico para la vida acuática, por lo que se deben controlar los desperdicios que requieren oxígeno o los peces mueren.

PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA

Tipo de contaminante	Uso del agua	Recreación	Vida Acuática	Doméstico	Industrial
Agentes biológicos	Bacterias (Falta de Oxígeno)	X	X	X	
Sedimentos	Turbiedad	X	X	X	X
Sustancias químicas inorgánicas y minerales	Fierro y manganeso		X	X	
	Cobre y plomo	X	X	X	
Sustancias orgánicas sintéticas	Fenoles (sustancias olorosas y de mal sabor)	X	X	X	
	Aceites	X	X		
	Pesticidas	X	X		
	Nutrientes (fósforos y nitrógeno)	X	X	X	X
Radiactividad	Sust. radiactivas	X	X	X	X
Calor		X	X		X
Petróleo		X	X		

Cuadro 5.1

SEDIMENTOS.- Son partículas transportadas de la tierra, del aire o de las zonas pavimentadas al agua e incluyen arenas y minerales. Por ejemplo los proyectos de construcción producen grandes cantidades de sedimento.

Los sedimentos llenan canales, ríos y puertos obligando a efectuar costosos dragados. Dañan, además, turbinas eléctricas y equipo de bombeo, reducen las poblaciones de peces y moluscos y eliminan guaridas de peces y reservas alimenticias. Más importante aún, es la reducción que

producen en la cantidad de luz solar que penetra en el agua, lo cual es de importancia vital para las plantas verdes (fitoplancton) que producen el oxígeno necesario para el equilibrio del agua.

SUSTANCIAS QUIMICAS INORGANICAS Y MINERALES.- Aquí se incluyen una amplia variedad de sales metálicas, ácidos, materias sólidas y muchos otros compuestos inorgánicos. Todas estas sustancias llegan al agua a partir de procesos industriales, de la minería, de operaciones en campos petroleros, de prácticas agrícolas y de algunas fuentes naturales.

SUSTANCIAS ORGANICAS SINTETICAS.- Se incluyen en esta categoría detergentes y otros auxiliares para el hogar, los pesticidas y los desperdicios de éstos en su manufactura.

Causan problemas de sabor y olor y resisten al tratamiento convencional de desperdicios. Son sustancias tóxicas para los peces y la vida acuática en general y posiblemente son dañinas al hombre.

Los nutrientes, principalmente compuestos de nitrógeno y fósforo son necesarios en pequeñas cantidades como alimento a los vegetales acuáticos, pero en cantidades excesivas producen sobrefertilización, que puede ocasionar excesiva cantidad de algas (crecimiento vegetal) y mortalidad de peces.

SUSTANCIAS RADIATIVAS.- La contaminación radiactiva en el agua proviene de la extracción y procesamiento de minerales radiactivos, de materiales radiactivos refinados utilizados en reactores para utilización industrial, médica y de investigación; para generación de energía eléctrica y en armas nucleares.

CALOR.- La también llamada contaminación térmica, se origina lógicamente en los procesos de generación de energía eléctrica ya sea por vía hidroeléctrica, de combustible fósil o nuclear. Los dos últimos métodos producen grandes cantidades de desechos térmicos.

Los efectos del calor producen variaciones en la densidad y viscosidad del agua y sirven como acelerador en las reacciones de los contaminantes químicos. La capacidad de auto depuración de la corriente contaminada con aguas calientes disminuye considerablemente; cuando la capa de agua superficial está caliente, las capas profundas no circulan, por lo que se reduce el contenido de oxígeno en estas capas y altera los procesos biológicos. No siempre es nociva la contaminación del agua: a veces estimula la reproducción de especies al favorecer la fertilidad del organismo receptor.

PETROLEO.- La contaminación del petróleo se puede presentar en cualquiera de las vías acuáticas, áreas costeras o en altamar a causa de descargas premeditadas, derrames accidentales, fugas, almacenamiento o transportación (recuerdese el caso del Pozo Ixtoc I en la sonda de Campeche en la República Mexicana a principios de 1980). Aproximadamente 2 millones de toneladas de petróleo se arrojan al mar anualmente por diversas causas.

Los daños causados por este tipo de contaminación son tan significativos como diversos y en algunos casos: desconocidos. Este contaminante

puede destruir o limitar la vida marina, arruinar habitats silvestres, matar aves, limitar o destruir el valor recreativo del área de recreo, contaminar reservas acuíferas y crear peligro por incendios.

CONTAMINANTES TERRESTRES

Ahora, volquemos nuestra atención a los usos que el hombre da a la tierra y nos percatamos del hombre agricultor, que en la actualidad está bastante mecanizado en algunos países, cuyos desechos agrícolas son bastante grandes (el 50% de los desechos agrícolas lo constituye el estiércol); y el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas puede crear un agotamiento peligroso del suelo; el hombre urbano, grandes conglomerados de gentes habitando ciudades y cargando a la tierra con montañas de desechos; el hombre industrial, arrojando al suelo el desecho de sus productos y creando así zonas cenagosas, o colmadas de herrumbre, o simplemente antiestéticas en donde otrora fuera un ecosistema lleno de vida y que servía para el esparcimiento del hombre.

El hombre agricultor, ciudadano e industrial, no satisfechos con la cantidad de tierra que actualmente poseen, presentan afanes expansionistas para aumentar sus áreas de cultivo, sus áreas de habitación, de diversión y sus áreas productivas. No es raro ver zonas habitacionales donde anteriormente había cultivos, o grandes áreas de recreación, o donde se habrían desarrollado coníferas, que usaron en su momento para leña u otro uso doméstico e industrial. Este cambio en el uso de la tierra aunado al mal uso de ella (como es la tala y quema de árboles) pueden perjudicar la capa del suelo en forma irreparable y pueden sustraer cantidades considerables de tierras útiles a la producción agrícola.

Por ser de vital importancia los contaminantes de la tierra se juzgó pertinente tratarlos en forma independiente en siguientes subtemas como: plaguicidas y desechos sólidos, domésticos e industriales.

PLAGUICIDAS

Se les conoce también como "pesticidas" o "venenos económicos" y significa: a) cualquier sustancia o mezcla de sustancias para prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier insecto (insecticida), roedor (rodenticida), nemátodos (nematicida), hongos (fungicida), hierbas (herbicida) o cualquier otra forma de vida vegetal, animal o virus y b) cualquier sus-

tancia o combinación de ellas usadas como reguladores vegetales (retardador o acelerador del índice de crecimiento en plantas ornamentales o de cosecha) o defoliadores (provoca la pérdida del follaje a las hojas de una planta).

Gran cantidad de pesticidas son extraordinariamente tóxicos y, en ocasiones, son capaces de producir cáncer en diversos órganos de los animales y del hombre, pero es cuestión de dosis (ver cuadro 5.2). Conviene distinguir las acciones inmediatas de los largos plazos; las primeras son causadas generalmente por la ingestión accidental de animales o vegetales que acaban de ser espolvoreados con pesticidas. Las acciones a largo plazo, resultan de la introducción de pesticidas en las cadenas tróficas a partir de su absorción por las plantas y de una lenta acumulación en un órgano determinado (acumulación de DDT en el tejido adiposo del hombre).

RESPUESTA DEL HOMBRE A DIFERENTES DOSIS DE DDT	
Dosis (mg/Kg/día)	RESPUESTA
0.004	Dosis absorbida promedio por los habitantes de E.U.
0.25	Dosis tolerada por trabajadores durante 19 años.
0.5	Dosis tolerada por trabajadores durante 6.5 años.
6.0	Intoxicación moderada en un caso.
10.0	Intoxicación moderada en varios individuos.
16-286	Intoxicación (vómitos) en todos los individuos; convulsiones en otros.

Cuadro 5.2

No se puede aquilatar la utilidad de los pesticidas hasta no ver retrospectivamente los cientos de personas muertas por el tifo, el paludismo y la peste bubónica, y la producción agrícola de bastas extensiones perdida por las mangas de langosta. En la actualidad, las pérdidas de alimentos atribuibles a insectos nocivos alcanza hasta un 30% de las cosechas de algunos países, sin embargo, los pesticidas no son selectivos y afectan tanto a especies nocivas como benéficas y más aún, intoxican a especies mayores y al hombre.

El peligro que los pesticidas presenta tiene una relación directa con su toxicidad y su persistencia. Los insecticidas pertenecen a tres grandes grupos de sustancias orgánicas:

LOS ORGANOCLORADOS.- De los tipos DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) o aldrina, son los más molestos porque no son biodegradables o lo hacen muy lentamente (el DDT tiene una vida media superior a los 20 años). Los

vimientos del agua y del aire propician su dispersión, el DDT recorre distancias considerables, llegándose a encontrar en las grasas de pingüinos y focas en la Antártica y de algunos vertebrados en el Artico.

El DDT se acumula en el suelo, y de allí pasa a las aguas en donde afecta las cadenas tróficas, por ejemplo: absorbido por el fitoplancton, que a su vez sirve de alimento al zooplancton del cual se nutren los peces que más tarde son atacados por aves rapaces. El DDT en las aves altera el metabolismo del calcio que origina un adelgazamiento de la cáscara de los huevos, que son destruidos por la hembra que los incubaba.

Posteriormente al uso masivo del DDT se observó que su eficacia no era la misma que se observó inicialmente. Algunas especies anteriormente susceptibles al DDT y otros productos similares, ya no lo eran: las especies desarrollaron una resistencia al producto. En la actualidad hay del orden de 200 especies que tienen alta resistencia al DDT.

LOS ORGANOSFOSFATADOS.- Del tipo parathion o malathion, son fácilmente biodegradables y desaparecen rápidamente del suelo; su toxicidad es sólo inmediata.

LOS CARBAMATES.- Del tipo carbaxil, presentan las mismas características que los organosfosfatados.

Los herbicidas, destinados a destruir hierbas enemigas de las plantas cultivadas, han sido utilizados militarmente como defoliantes (como el "picloram", ácido amino-4 tricloro-3,5,6 picolínico, en Vietnam), que no solamente ocasiona defoliación, sino muchas veces la muerte de árboles y plantas, quedando el suelo desnudo en el que persiste el picloram.

Finalmente hay pesticidas que son altamente tóxicos y virtualmente permanentes, como los llamados no degradables que son diversos compuestos derivados del mercurio, arsénico y plomo (metales tóxicos).

RADIATIVIDAD

La contaminación radiactiva se define como el aumento de la radiación natural por la utilización que ha hecho el hombre de sustancias radiactivas naturales o producidas artificialmente.

Con el descubrimiento de la energía nuclear y su aplicación bélica y pacífica, se han esparcido por la Tierra numerosos productos residuales. Recientemente la descarga atmosférica de materias radiactivas ha aumentado considerablemente, constituyendo un peligro para la salud pública.

El efecto de la radiactividad sobre los organismos se hace sentir desde las estructuras orgánicas de la célula; a las cuales altera por los cambios químicos que producen material de alta energía, hasta el hombre. En

ocasiones sólo se presentan mutaciones que no son siempre malignas. Una exposición a 600 R* durante un mes mata a cualquier individuo; a 425 R mata al 50% de un grupo y lesiona seriamente al resto; y a 25 R no se han observado efectos. La radiación es capaz de afectar cualquier parte del cuerpo y ocasiona: tumores malignos, calvicie, esterilidad, cataratas y lesiones medulares en los huesos. El estroncio 90, con 27 años de vida media, puede afectar infinidad de especies a gran distancia del lugar donde fue originado, a través de las cadenas tróficas correspondientes.

El hombre siempre ha estado expuesto a radiaciones ionizantes de origen cósmico -de fuentes naturales-, así como a las constituyentes de su propio organismo. Las fuentes artificiales más importantes, generadoras de radiaciones ionizantes, son las máquinas y el material radiactivo que se emplean en mayor número cada día. Los aparatos de rayos X, de uso en medicina, industria, comercio e investigación, son fuentes potenciales de exposición.

Los dispositivos industriales incluyen unidades radiográficas y fluoroscópicas para localizar defectos estructurales en fierro, soldaduras y fundiciones, y para detectar cuerpos extraños. La aplicación comercial más amplia de los rayos X, es la que se emplea en pruebas de calzado, mediante aparatos que exponen al cliente, al vendedor y al público en general. En las universidades, laboratorios e instituciones similares se usan estas máquinas de rayos X en unidades de difracción y en microscopios electrónicos.

Los aceleradores de partículas, entre los que mencionaremos los ciclotrones, sincrotrones, betatrones y generadores de Van de Graaff, son productores de radiaciones ionizantes.

Dos son las principales fuentes responsables de las contaminaciones por sustancias radiactivas:

PRUEBAS NUCLEARES.- Las más peligrosas son las que tienen lugar en la atmósfera. La fuerza de la explosión y el gran aumento de temperaturas que las acompaña, convierten a las sustancias radiactivas en gases y productos sólidos que son proyectados a gran altura en la atmósfera y luego arrastrados por el viento. La distancia que recorren las partículas radiactivas así liberadas depende de la altura a la que han sido proyectadas y de su tamaño. Pero las partículas más finas pueden dar varias veces la vuelta a la Tierra antes de caer en un determinado punto del Globo.

Una vez depositadas en el suelo, las partículas radiactivas pueden ser arrastradas por la lluvia aumentando la radiactividad natural del agua.

MANIPULACION DE SUSTANCIAS RADIATIVAS.- Tanto en la fase de obtención del combustible nuclear (extracción del mineral, lavado y concentración, producción de lingotes de uranio o de torio y separación química de los diferentes isótopos), como en la etapa de funcionamiento de los reacto-

* Roentgen.- Unidad de dosis de radiación que equivale a la irradiación necesaria para que los iones producidos en un centímetro cúbico de aire seco transporten una cantidad de electricidad igual a tres diezmilmillonésimas de Coulomb.

res nucleares (procesos de fisión, activación y térmicos) se obtienen grandes masas de residuos radiactivos con grave peligro para la contaminación del medio ambiente. En la refrigeración de los reactores se utilizan grandes cantidades de agua que luego es nuevamente vertida al río transportando, en ocasiones, productos peligrosos.

La eliminación de los productos radiactivos provenientes de las fábricas atómicas plantea en la actualidad graves problemas. Una de las soluciones adoptadas y que ha ocasionado una gran controversia es su eliminación mediante recipientes herméticos e invulnerables a las radiaciones, que son sumergidos en las grandes profundidades de las fosas oceánicas.

Los productos radiactivos liberados en las explosiones nucleares comprenden restos del explosivo no consumido (uranio 235 y plutonio 239), los productos de fisión derivados del explosivo (estroncio 90, cesio 137, yodo 131, etc.) y los productos de activación formados por bombardeo con neutrones de los elementos contenidos en el suelo o en el agua (calcio 45, sodio 24). Las sustancias radiactivas contaminantes que permanecen al cabo de cierto tiempo son el estroncio 90 y el cesio 137.

El principal peligro actual proviene del alto grado de concentración biológica de las sustancias radiactivas a lo largo de las cadenas alimentarias. De este modo se produce una *contaminación radiactiva indirecta* que se inicia con el depósito en el suelo y en el agua de los agentes contaminantes radiactivos caídos de la atmósfera.

Las algas llegan a tener con frecuencia una radiactividad específica 1,000 veces superior a la del agua que las rodea, y en el plancton, dicho factor de concentración puede llegar a ser de 5,000. Los animales acuáticos que se alimentan de tales organismos pueden alcanzar concentraciones aún más elevadas. En los vegetales, la radiactividad se concentra en las hojas y en los tallos más que en las semillas. Es un factor que perjudica a los animales herbívoros. En el hombre, eslabón final en la cadena alimentaria, la contaminación indirecta se produce a través del tubo digestivo tras la ingestión de alimentos vegetales o animales contaminados. La leche, por ejemplo, es uno de los principales vehículos de contaminación indirecta en algunos países. Ello explica que los huesos de los niños, cuyo alimento principal lo constituye la leche, contengan más estroncio 90 que los de los adultos.

El problema de los residuos radiactivos figura sin ninguna duda entre los más serios problemas de ambiente a los que la civilización tecnológica se expone a largo plazo como consecuencia del hambre energética que padecen los países desarrollados.

La única solución visible para desembarazarse sin riesgo de estos residuos radiactivos sería depositarlos en minas de sal que, por su misma naturaleza, no están en contacto con importantes capas acuíferas. Además, éstos yacimientos poseen un poder auto-obstructivo que impide cualquier pérdida de impermeabilidad.

Hasta el presente, la actitud de los responsables de la energía nuclear de los países desarrollados ante el problema de los residuos está perfectamente resumida en la siguiente propuesta:

"Para deshacerse de los residuos radiactivos, la industria nuclear está

desarmada: no puede ni modificar ni destruir las radiaciones emitidas. Sólo puede proteger al hombre y al medio disminuyendo la densidad de las radiaciones por dilución o interposición de pantallas... La dilución, al disminuir la proporción de radionucleido...transforma a los desechos en inofensivos y permite su dispersión" (Bovard, 1970).

RUIDO

Hay un clamor popular en las grandes urbes contra un contaminante familiar y ubicuo: el ruido.

Se denomina ruido a cualquier percepción auditiva exógena que causa en el individuo un estado de tensión. El ruido puede ser desagradable o dañar la salud; puede interferir la comunicación, el aprendizaje, el desempeño de una actividad, el descanso, el sueño, la diversión o esparcimiento y la recuperación de la salud.

El oído humano es un receptor de sonidos de frecuencias entre los 16 y los 20 mil ciclos por segundo, o Hertz; y de intensidades desde .0002 microbares (dina/cm^2) hasta un millón de millones de veces esta mínima intensidad. El oído es un órgano complejo y de gran sensibilidad, adaptado para recibir una intensa gama de sonidos.

Las consecuencias del ruido, que son tanto de orden fisiológico como psicofisiológico, afectan cada vez más a mayor número de personas, en particular a los obreros industriales.

La intensidad de un ruido se expresa en unas unidades de tipo logarítmico llamadas *decibeles* (dB). La escala logarítmica se extiende desde 0 a 140-160 dB. Para tener una idea de la intensidad del ruido puede señalarse que es de 30 a 40 dB en una habitación tranquila, de 70 a 90 dB en la calle, en un momento de mucho tráfico, y que 130 dB (martillo neumático) se considera el umbral doloroso para el oído humano.

Las causas más frecuentes de quejas contra el ruido están relacionadas con sus características de composición y del horario y sitio donde se oye. Los vehículos automotrices, con sus escapes, bocinas, radios, desajustes y operación inadecuada, lo mismo que las aeronaves y embarcaciones, locomotoras, tractores, motocicletas, podadoras o equipos de luz o plantas móviles; las reparaciones en la vía pública o en la vecindad; y las actividades industriales, las de propaganda y diversión, constituyen los principales motivos de queja.

Se está expuesto en las ciudades, en el trabajo, en el hogar y en las diversiones a sonidos útiles por la información que nos proporcionan del

medio ambiente y por la relación que establecen con él. Estos sonidos se convierten en ruido cuando no proporcionan información y son indeseables.

En general el ruido más molesto es el de alta frecuencia, alta intensidad, discontinuo y de emisión nocturna.

La sordera parcial o total por el ruido es producida por daño permanente a las células sensoriales del oído interno, cuya función es convertir el sonido percibido en impulsos nerviosos.

Algunos individuos son más resistentes que otros a sus efectos. El ruido puede afectar varias funciones subconscientes del individuo; es capaz de modificar la circulación, la respiración y el estado de alerta del individuo que lo sufre. La participación del sistema nervioso del gran simpático en los estímulos auditivos aumenta la presión sanguínea. Los sistemas hormonales conectados con la pituitaria y el hipotálamo pueden ser activados por los ruidos intensos, ocasionando descargas de ácidos grasos y glucosa a la corriente sanguínea, como señal de alarma.

DESPERDICIOS SOLIDOS

El término *desperdicio sólido* se entiende como toda aquella basura o residuo indeseable de los recursos naturales y artificiales utilizados que son manejados en forma sólida. Los desperdicios sólidos, incluyen los metales sólidos desechados resultantes de las operaciones agrícolas, comerciales, industriales y de las actividades de una comunidad.

Dentro de los desperdicios sólidos se incluyen: desperdicios de alimentos, papel, productos de papel, madera, ropa, latas de estaño, pedazos de loza, botellas de vidrio, diversos metales, cenizas, plásticos y otros materiales de larga y difícil descomposición llamados *no biodegradables*, animales domésticos muertos, muebles viejos, hojas de árboles, virutas de madera y metal, cenizas de fábricas, desperdicios del procesamiento de alimentos, residuos de demoliciones; desperdicios procedentes de hospitales e instituciones de investigación, almacenes e industrias, como son materiales radiactivos y explosivos y productos patológicos.

Los desperdicios sólidos son, evidentemente, diferentes de los otros llamados contaminantes. Aunque muchos de estos otros contaminantes son sólidos, como humos y otras materias particuladas se clasifican dentro de "contaminantes del aire". Si se encuentran suspendidas en el agua son "contaminantes del agua". Esta situación sirve para enfatizar la relación aire, agua y tierra que en materia de contaminación ambiental constituye el sistema de estudio.

En general, la atmósfera terrestre y el agua fluyente son sistemas naturales de transporte, en tanto que la tierra y los océanos son básicamente "sumideros". Si los desperdicios se descargan en la atmósfera o en las corrientes, pueden transportarse más allá de los límites políticos estatales o nacionales, constituyendo con esto, problemas que abarcan grandes extensiones. Por el contrario, los desperdicios sólidos depositados en la tierra o en los océanos son fundamentalmente un problema local del área donde se han generado.

La mayor parte de los desperdicios sólidos se depositan en la tierra y su movimiento depende de los sistemas de transporte hechos por el hombre. El sistema de eliminación más común es el basurero abierto. Los desperdicios se transportan desde los sitios de recolección, en donde se produce la basura, hasta los mencionados basureros. No obstante las medidas sanitarias, tanto las rutas de transporte de desperdicios como los basureros se constituyen en sitios insalubres y focos de enfermedades epidémicas. Entre las enfermedades que han estado directa o indirectamente asociadas a los basureros abiertos, se encuentran: tifoidea, cólera, diarrea, disentería, tracoma, peste, antrax y triquinosis.

El impacto que tienen los basureros abiertos desde el punto de vista de la contaminación del agua es muy significativo, ya que afecta las aguas superficiales y acuíferos subterráneos. Estudios realizados sobre esta materia han demostrado que hay tres mecanismos por medio de los cuales las pilas de desperdicios sólidos pueden contaminar el agua superficial y los acuíferos subterráneos:

- a) Lavado horizontal de la basura por medio del agua del terreno.
- b) Lavado vertical por el agua de infiltración.
- c) Transferencia de gases producidos durante la descomposición de la basura por difusión y convección.

Los residuos domésticos son un problema de gran importancia en las grandes urbes. El aumento de la población y particularmente la urbana, requiere de una creciente demanda de bienes de consumo que aunado a la tecnología del empaque desechable ocasiona un mayor volumen y peso de los desperdicios producidos. Así por ejemplo en Estados Unidos en 1920, un hogar promedio generaba 1.25 kg de desperdicios sólidos al día. En 1970 la cifra había aumentado a 2.4 kg y se piensa que en estas fechas (1980) llegará a ser de 3.7 kg de desperdicios sólidos *per cápita* por día. Indiscutiblemente la cantidad y variedad de desperdicios sólidos depende del grado de evolución tecnológica, los valores étnicos y el grado de consumismo, entre otros. En la sociedad norteamericana, una de las más opulentas, durante la década de los setentas los desperdicios sólidos incluían cada año: 48 000 millones de latas, 26 000 millones de botellas, 65 000 millones de corcholatas y 7 millones de autos descartados como fierro viejo.

Aunque con los principios del enfoque de sistemas, el problema pareciera simple, el análisis sistemático y sistémico de los desperdicios sólidos es bastante complejo. El manejo adecuado incluye factores sociales, legales, económicos, técnicos, médicos, sanitarios y ecológicos. Dentro de los aspectos de la ingeniería están: origen, composición, almacenamiento, recolección, transporte, separación, procesamiento y reutilización (industrialización) de los desperdicios sólidos.

El tratamiento de los desperdicios sólidos varía dependiendo de los recursos de una población. En ocasiones las características de los desperdicios permite hacer una selección de aquéllos que pueden utilizarse nuevamente como son: cartón, papel, vidrio, metales. Cierta tipo de desperdicios puede utilizarse como fertilizante, otros se incineran y algunos más se usan para los rellenos sanitarios, la basura se compacta y se cubre con arcilla en relación tres a uno para formar una cubierta impermeable, esto permite evitar un foco de posible contaminación, elimina el aspecto antiestético y se evita el desperdicio del terreno.

La tecnología disponible para afrontar el problema de los desperdicios sólidos incluye el equipo de procesamiento para trituración, reducción de volumen, compresión, conversión a pulpa, incineración, separación, elaboración de abono y generación de electricidad. Se requiere desarrollar nuevas tecnologías para elaborar plásticos biodegradables, o en su defecto, formas de degradar los plásticos actuales. También diseñar equipo (o formas mecanizadas) para la recuperación de latas de aluminio y de otros tantos desperdicios sólidos cuya recuperación y reutilización se dificulta.

Además, se necesita mejorar la eficiencia y la higiene en la recolección, el transporte y el almacenamiento de estos desperdicios sólidos por el bienestar de la comunidad en general y de aquellas personas que tienen necesidad de ejecutar estos menesteres en particular.

EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION EN EL D. F.

La situación ambiental de la Ciudad de México ha llegado a niveles peligrosos. Tanto, que según algunos investigadores, la salud de sus habitantes se encuentra ya seriamente amenazada.

La densidad demográfica e industrial ha conducido a una depauperación constante del ambiente debida, por una parte, a la sobreexplotación y agotamiento de los recursos y, por la otra, a la producción de desperdicios en grandes cantidades.

CONTAMINACION ATMOSFERICA.— En los últimos dos años la ciudad se acercó peligrosamente a la cifra con la que se supone se encontrará en 1982: una emisión diaria de 10 mil 300 toneladas de sustancias contaminantes, en una extensión territorial ocupada en más de 95 por ciento por cemento y concreto: las áreas verdes representan hoy únicamente el 4.2 por ciento de la mancha urbana.

La degradación del aire del Valle de México es provocada fundamentalmente por las 13,000 unidades industriales y comerciales establecidas en su

área. Entre los contaminantes más comunes se encuentran los polvos o partículas en suspensión, los óxidos de azufre y de nitrógeno, el monóxido de carbono, los hidrocarburos y los oxidantes fotoquímicos.

Estos elementos, fundamentalmente de origen químico, se producen en las áreas de construcción y transportes, y en las zonas donde se concentra la industria de transformación, la siderúrgica y la petroquímica. Igualmente, provienen de la quema de llantas y de basura, así como del uso de aerosoles con contenidos de plomo, níquel o ácido sulfúrico.

Se ha comprobado que el vehículo automotor es una de las principales fuentes de contaminación del aire, por las grandes emisiones de gases tóxicos. Del 75% al 80% de la contaminación atmosférica de la ciudad proviene de él. Esta contaminación comparada con los estándares de salud vigentes, rebasa 5 ó 6 veces el límite máximo de seguridad establecido.

No obstante que la vida promedio de un automóvil es de aproximadamente 12 años, un gran número de vehículos fabricados en los años 50' - o antes - permanecen en circulación. De éstos, el 90% están en mal estado de mantenimiento. En el área metropolitana de la Ciudad de México circulan aproximadamente dos millones de vehículos, con un crecimiento del 12% al año.

El crecimiento acelerado de la ciudad está causando constantes congestionamientos de tránsito, lo que contribuye, como se ha dicho hasta el cansancio, a una mayor contaminación, especialmente en el primer cuadro de la ciudad.

El clima de la cuenca del Valle de México se ha alterado por la pérdida del 50% de sus bosques y que en los suelos de 12 municipios de su periferia la erosión ha provocado la pérdida del 71% de su potencia de fertilidad. La empresa descentralizada Protectora Industrializadora de Bosques (Protinbos) manifiesta que de continuar el desequilibrio entre el desmonte y la forestación, dentro de 20 años el Estado de México empezará a sufrir un grave desequilibrio ecológico.

Protinbos indica que en la primera década del presente siglo, la riqueza maderera del Estado de México era de un millón de hectáreas mientras que, en la actualidad, de las 450 mil existentes, 250 mil están en peligro de desaparecer. Y advierte que el desastre ecológico podría sobrevivir con sequías, erosión de tierras y azolves en el sistema hidráulico.

Añade que en la actualidad ya se encuentran muestras del cambio de clima parecidas al de las zonas desérticas, con bastante temperatura durante el día y por la noche frío intenso.

Explica por último, que la erosión en la cuenca es una de las causas de los cambios climatológicos, como es el retraso de las lluvias.

Debido a la deficiente ventilación y a las pobres propiedades depurativas de la ciudad -por la corta temporada de lluvias,- la atmósfera reacciona virtualmente como un inmenso reactor fotoquímico durante la mayor parte del año.

La estabilidad atmosférica hace que con frecuencia se sufra en la Ciudad de México una *inversión atmosférica*. Este fenómeno consiste en que los contaminantes emitidos a la atmósfera quedan atrapados y se acumulan en el aire a nivel del suelo, por lo que son respirados por la población.

Aparte de las fuentes fijas y en movimiento de la contaminación ambiental, hay que mencionar a las fuentes naturales.

Durante la estación seca, el nivel de contaminación se ve fuertemente incrementado por las tormentas de polvo, que provienen de las áreas semiáridas erosionadas, las zonas de agricultura de temporal, el antiguo Valle de Texcoco, los campos deportivos sin vegetación, las zonas urbanas no pavimentadas y los tiraderos de basura.

Ese polvo que flota sobre la ciudad es vehículo de gérmenes patógenos, producto de las defecaciones al aire libre y de los compuestos de plomo que se usan en las gasolinas.

Aunque es difícil evaluar los efectos del aire contaminado en la salud humana, la contaminación en el Distrito Federal afectó en los últimos cuatro años a más de un cuarto de millón de personas que sufrieron de bronquitis, enfisema y asma.

Asimismo, hay que considerar los efectos producidos por los metales pesados, especialmente el plomo, cuya presencia en la atmósfera de la ciudad (3,000 toneladas al año arrojadas por automóviles) produce consecuencias que afectan en primer lugar a niños y a mujeres embarazadas.

La toxicidad de los metales pesados es tan grave porque pueden acumularse en los tejidos humanos, así como producir daños hematológicos y neurológicos.

CONTAMINACION DEL AGUA.- La muerte por enfermedades gastrointestinales sigue ocupando uno de los primeros lugares dentro de los índices de mortalidad en México. Su causa: la ingestión de agua contaminada.

Esta situación se agrava en la Ciudad de México, en donde el saneamiento ambiental en su conjunto, y en particular la disposición sanitaria de la excreta y los sistemas de abastecimiento público de agua, están en deficientes condiciones.

Incluso, estos graves problemas de contaminación urbanos son trasladados a otras regiones del país por descargas de aguas negras producidas por las actividades comerciales, industriales y domésticas.

Esas aguas residuales llevan millones de contaminantes físicos, químicos y biológicos que deterioran la calidad de las aguas de los cuerpos receptores y disminuyen su capacidad de empleo.

Las siete plantas de tratamiento de aguas instaladas en la ciudad procesan diariamente 370,000 metros cúbicos, mismos que son reutilizados con fines industriales, de riego y recreativos.

Ese volumen de aguas tratadas resulta insuficiente para satisfacer las demandas de una ciudad con un acelerado crecimiento.

El Valle de México está dotado de agua pluvial en cantidad extraordinaria: llueve entre 230 y 250 metros cúbicos por segundo, promedio anual. Si fuéramos capaces de guardar el 20%, nos daría 50 metros cúbicos por segundo, suficiente para satisfacer todas nuestras necesidades de agua potable. Pero en la medida en que avanza la urbanización, se impermeabiliza el terreno, y se hace imposible que el agua penetre a la corteza.

Para traer agua a la ciudad -y debido al agotamiento de los mantos acuíferos por su sobreexplotación-, el gobierno de la Ciudad de México ha tenido que efectuar gigantes inversiones en obras hidráulicas.

A pesar de estos esfuerzos, cerca de dos millones de capitalinos aún no cuentan con servicio de agua potable, según informes de la Comisión de Aguas del Valle de México.

Por otra parte, los que disponen ya de ese servicio le dan un uso y un almacenamiento inadecuado. De esa manera, el agua se convierte en un vehículo transportador de gérmenes patógenos.

No obstante, el problema de las aguas contaminadas aún está a tiempo de resolverse, hay que expandir la vigilancia, establecer los servicios adecuados y, sobre todo, crear consciencia en la población sobre estos grandes problemas que nos aquejan.

DESECHOS SÓLIDOS.- Se generan aproximadamente 8,000 toneladas diarias de desechos sólidos en el Distrito Federal. De esta cantidad, solamente se recogen cerca de 6,000 toneladas, acumulándose el resto en lotes baldíos, banquetas, agujeros, parques y distintos sitios de las unidades habitacionales.

Las condiciones higiénicas de esos lugares y de los propios tiraderos de basura - sobre todo el de Santa Cruz Meyehualco - son por demás deplorables. Entre esos focos de contaminación viven y trabajan miles de capitalinos cuya salud se va mermando por causa de las enfermedades infecciosas.

RUIDO.- Los habitantes de la Ciudad de México ya no pueden comunicarse. El ruido producido por automotores, aeronaves, ferrocarriles, áreas de construcción, talleres, fábricas y centros de diversión se los impide.

El ruido que causan aviones, dos millones treinta mil vehículos en circulación y aproximadamente trece mil industrias, sobrepasa en algunas zonas 90 decibeles, cantidad que excede casi quince por ciento el umbral de tolerancia del oído humano.

El diagnóstico está hecho: "la Ciudad de México está contaminada y se requieren soluciones urgentes antes de que la situación llegue a ser irremediable".

Tokio, Londres, Buenos Aires y los Angeles son vivos ejemplos de que los problemas de contaminación pueden ser controlados. Técnicamente no existe impedimento. Lo único que hace falta es decisión.

Y en esa decisión hay que tomar en cuenta dos condiciones esenciales.

La primera de ellas es la toma de conciencia por parte de la ciudadanía respecto de sus responsabilidades en el problema, y su participación en la solución.

La segunda condicionante es de carácter educativo. Para ello, se requiere ir más allá de acciones esporádicas, campañas efímeras y actividades dispersas. Es necesario favorecer una "educación para la salud" que involucre la educación para el ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- ACKOFF, RUSSELL L.: Rediseñando el Futuro. Editorial Limusa, México, 1979.
- ACOT, PASCAL: Introducción a la Ecología. Editorial Nueva Imagen, México, 1978.
- BASSOLS BATALLA, ANGEL: Geografía Económica de México. Editorial Trillas, México, 1977.
- BASSOLS BATALLA, ANGEL: Recursos Naturales. Nuestro Tiempo, S. A., México, 1972.
- BERTALANFFY, L. VON: Teoría General de Sistemas. Fondo de Cultura Económica, México, 1976.
- BLAIR, RAYMOND N.: Elementos de Ingeniería de Sistemas Industriales. Editorial Prentice Hall Internacional, España, 1973.
- BLANCO MACIAS, GONZALO Y RAMIREZ CERVANTES, GUILLERMO: La Conservación del Suelo y el Agua en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C., México, 1966.
- CAMARA MINERA DE MEXICO: Informe a la XLIII Asamblea General Ordinaria. C.M.M., México, 1980.
- CAMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS DERIVADAS DE LA SILVICULTURA: Memoria Económica 1979 - 1980, México, 1980.
- CAMARSA, JOSE M.: Ecología. Biblioteca Grandes Temas, Salvat Editores, S. A., Barcelona, 1973.
- COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO: Deterioro Ecológico en el Valle de México. C.A.V.M. México, 1977.
- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA: Revistas Ciencia y Desarrollo. Nos. 16, 17 y 19, México,
- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana - 1978. C.R.M., México, 1979.
- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES: Estudio de Yacimientos de Barita, Bentonita, Arena de Sílice, Carbón y Hierro en Diferentes Lugares de la República Mexicana. C.R.M., México, 1980.
- COORDINACION DE INTEGRACION Y ANALISIS DE INFORMACION: Cómo es México. Coordinación General del Sistema Nacional de Información, Secretaría de Programación y Presupuesto, México, 1978.
- CONSIDINE, DOUGLAS: Energy Technology Handbook. Mc. Graw Hill, New York, 1977.
- CUADERNOS DE CIENCIA NUEVA: El Desafío Ecológico. El Cid Editor, Caracas, 1977.

CORDOVA F., J. ET. AL.: La Energía Nuclear en México. Edición Limitada, México, 1978.

CHURCHMAN, C. WEST: El Enfoque de Sistemas. Editorial Diana, México, 1978.

DE BUEN LOZANO: La Utilización de la Energía Nuclear para la Generación de Energía Eléctrica. Revista Ingeniería, Vol. L, No. 1, México, 1980.

DEPARTAMENTO DE PESCA, DIRECCION GENERAL DE PLANEACION, INFORMATICA Y ESTADISTICA: Anuarios Estadísticos de 1977, 1978 y 1979 de la Producción Pesquera, México, 1979.

DEPARTAMENTO DE PESCA/SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, GRUPO INTERINSTITUCIONAL DE TRABAJO: Plan Nacional de Desarrollo Pesque ro 1977 - 1982, México, 1977.

ECHEGARAY M. FERNANDO L.: Panorama Actual y Futuro de los Energéticos. I.M.P., México, 1980.

ENERGIA, REVISTA: No. 1, No. 2, No. 3, México, 1978.

GALEANO, EDUARDO: Las Venas Abiertas de América Latina. Siglo Veintiuno Editores, México, 1978.

GRENON, MICHEL: La Crisis Mundial de la Energía. Editorial Alianza, Madrid, 1974.

INGENIERIA, REVISTA: Vol. L, No. 3, México, 1980.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA. ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA URSS: El Hombre, la Sociedad y el Medio Ambiente. Editorial Progreso, Moscú, 1976.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS: Boletín IIE, Vol. 4, No. 11, México,

INSTITUTO MEXICANO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, A. C.: Mesas Redondas Sobre Utilización y Conservación del Suelo en México. I.M.R. N.R.A.C., México, 1969.

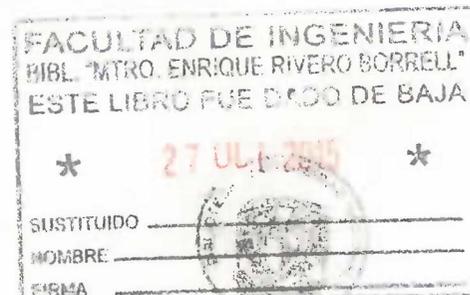
KATZ, DONALD L. ET. AL: Ingeniería, Conceptos, Métodos con Ejemplos y Problemas. Editorial Limusa Wiley, México, 1971.

KORMONDY, EUGENE J.: Concepts of Ecology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1969.

LANGE, OSKAR: Introducción a la Economía Cibernética. Siglo Veintiuno de España Editores, S. A., España, 1969.

LOPEZ ROSADO, DIEGO: Problemas Económicos de México. Dirección General de Publicaciones, UNAM, México, 1970.

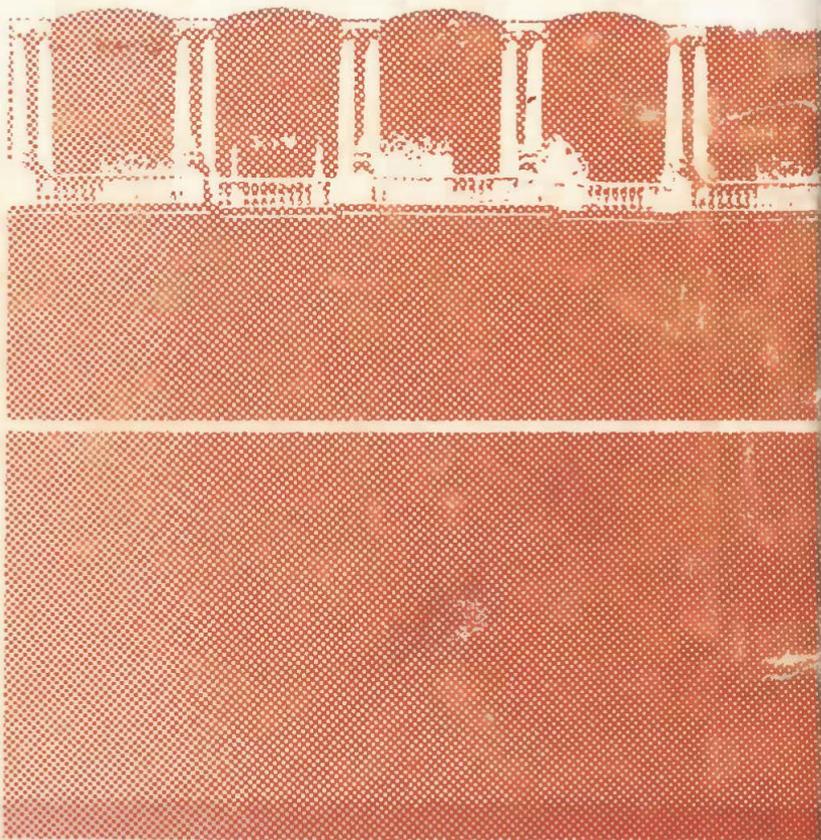
LOPEZ Y ORTEGA, EUGENIO Y COLS.: Enfoque Socioeconómico de la Contaminación Ambiental. El Caso de México. Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1977.



FACULTAD INGENIERIA
DONACION



FACULTAD INGENIERIA
DONACION



FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE CIENCIAS BASICAS