

MMA
189

documentos especiales

2

CUADERNOS
AMBIENTALES

La tierra herida

Las transformaciones
tecnológicas del
ecosistema



República de Colombia
MINISTERIO
DE EDUCACION NACIONAL



COLECCION CUADERNOS AMBIENTALES:

1. LA TRAMA DE LA VIDA.

Bases ecológicas del pensamiento ambiental.

2. LA TIERRA HERIDA.

Las transformaciones tecnológicas del ecosistema.

3. ECOSISTEMA Y CULTURA.

El retorno a la tierra.

República de Colombia
MINISTERIO
DE EDUCACION NACIONAL



SERIE DOCUMENTOS ESPECIALES



República de Colombia
MINISTERIO
DE EDUCACION NACIONAL



LA TIERRA HERIDA

Las transformaciones tecnológicas del ecosistema

Augusto Angel Maya

Santafé de Bogotá, Julio de 1995

SERIE DOCUMENTOS ESPECIALES

LA TIERRA HERIDA

LAS TRANSFORMACIONES TECNOLÓGICAS DEL ECOSISTEMA

Autor: Augusto Ángel Maya

© MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, Educación Ambiental
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,
Instituto de Estudios Ambientales-IDEA-
Santafé de Bogotá D.C., julio de 1995
ISSBN: 958-9402-26-7

Esta segunda impresión se realizó en el marco del proyecto "Incorporación de la Dimensión Ambiental en zonas rurales y pequeño-urbanas del país" Convenio Interadministrativo Ministerio de Educación Nacional-BID-Ministerio del Medio Ambiente. Apartes de los textos se pueden reproducir citando la fuente. Su reproducción total debe ser autorizada por escrito por el Ministerio de Educación Nacional.

MINISTRO DE EDUCACIÓN NACIONAL
Jaime Niño Díez

DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROJO PEDAGÓGICO
Martha Vargas de Avella

COORDINADORA NACIONAL
DE EDUCACIÓN AMBIENTAL
Maritza Torres Carrasco

EDICIÓN Y COORDINACIÓN
EDITORIAL
Miriam Cotes Benitez

DISEÑO CARATULA:
Creamos Alternativas Soc Ltda.
ILUSTRACIÓN CARATULA
Javier Alexander Barrera

COORDINACIÓN REIMPRESIÓN
Evelyn Domínguez Serrano

Primera edición de 2.500 ejemplares

Primera reimpresión: 4000 ejemplares
Santafé de Bogotá D.C., mayo de 1997

© Todos los derechos reservados.
DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA.
Impreso en Colombia, por EDITOLASER.
Printed in Colombia.

PRESENTACION	7
INTRODUCCION	9
<hr/>	
LAS MODIFICACIONES EN LOS FLUJOS DE ENERGIA:	13
La contaminación de la atmósfera	
La energía en el ecosistema y en los sistemas tecnológicos	15
El techo de la tierra: la contaminación atmosférica	17
El balance de los gases atmosféricos y el efecto invernadero	18
La lluvia ácida	20
El debilitamiento de la capa de ozono	21
El costo de la contaminación	22
El aire de los países pobres	22
¿Medidas suficientes?	24
Las alternativas	25
<hr/>	
LA DESESTABILIZACION DE LOS CICLOS:	29
Los recursos y el hombre	
Los ciclos y el agotamiento de los recursos	31
El impacto ambiental de la minería	33
Basuras y contaminación	34
Los cementerios industriales	36
El frágil equilibrio del agua	37
El agua envenenada	38
Remedios precarios	40
<hr/>	
LA DESARTICULACION DE LAS CADENAS TROFICAS:	43
El alimento del hombre y su impacto ambiental	
La multiplicidad de la vida	45
La simplificación tecnológica	46
El alimento del hombre y su impacto ecológico	48
La pérdida irreparable del suelo	51
La pérdida de la biodiversidad	53
El costo de la destrucción	55
El impacto diferenciado	57
Conciencia insuficiente y remedio lento	58
<hr/>	
EQUILIBRIO ECOSISTEMICO Y EQUILIBRIO TECNOLOGICO	63
Los sistemas tecno-biológicos	65
Resiliencia ecosistémica y resiliencia tecnológica	68
Población ecosistémica y población humana	69
El impacto ambiental de la población humana	70
<hr/>	
CONCLUSIONES	73
ORIENTACION BIBLIOGRAFICA	75

Para entender la responsabilidad que tiene la especie humana en la conservación y el mejoramiento de los sistemas vivos, es muy importante distinguir los cambios ocurridos durante las etapas ecológicas y durante la evolución, anteriores a la aparición del hombre y durante su desarrollo histórico.

Para entender la crisis ambiental de la humanidad, no se debe confundir, por lo tanto, las variaciones producidas en el ecosistema, con lo que hoy en día se denomina problema ambiental. De hecho sería importante significar de una forma clara en el lenguaje, para distinguir estas dos series de fenómenos.

*Para el Ministerio de Educación Nacional es muy grato presentar **La tierra herida**, segundo número de la colección cuadernos ambientales, cuyo objetivo fundamental es proporcionar, a los maestros y maestras de Colombia y, en general, a la comunidad educativa, herramientas conceptuales que les resulten útiles para el trabajo en educación ambiental en las diferentes regiones del país.*

En este cuaderno se estudian las transformaciones tecnológicas en el ecosistema inducidas por la actividad humana. El objetivo de estudiar estas transformaciones es comprender cómo las actividades de los seres humanos afectan las leyes naturales y facilitar el entendimiento de las relaciones entre los sistemas sociales y los sistemas naturales.

El Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente, en el marco del proyecto "Incorporación de la Dimensión Ambiental en la Educación Básica en Zonas Rurales y Pequeño-Urbanas del país", están convencidos de introducir en la escuela procesos que, como los de la Educación ambiental, no hacían parte de la tradición escolar pero que son fundamentales para el desarrollo integral de las nuevas generaciones de nuestro país.

Se intenta plantear, a lo largo de las páginas de este segundo cuaderno, ¿en qué consiste el problema ambiental?, con lo cual se dará un paso más hacia la comprensión de la problemática ambiental en una comunidad y, en efecto, dicha comprensión permitirá incluir la dimensión ambiental en los procesos de construcción local de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), en el marco de los PEI.

*El propósito de **La tierra herida** no va más allá de intentar estudiar todavía: ¿por qué el hombre se comporta así?, sino simplemente, ¿cómo se comporta el hombre? El propósito de esta publicación es plantear preguntas y problemáticas ambientales que permitan a la comunidad educativa reflexionar en torno a sus propias realidades, para el mejoramiento de la calidad de la educación y de la calidad de vida de los colombianos.*

JAIME NIÑO DÍEZ
Ministro de Educación Nacional

Transformaciones ecosistémicas y transformaciones tecnológicas

Hemos visto en el primer CUADERNO las leyes que rigen los sistemas vivos y la manera como éstos se forman adaptándose a las diversas condiciones del medio y con ello hemos revisado la parte que se refiere propiamente al estudio de la ecología y de la biogeografía. Hasta el momento, sin embargo, no nos hemos encontrado con ningún problema ambiental, en el sentido moderno del término. Al principio del CUADERNO anterior comentábamos que el ecosistema no tiene problemas ambientales. Sin embargo, como puede verse, existen todavía muchas ambigüedades en los términos, porque al mismo tiempo nos hemos referido a las condiciones ambientales que determinan las diferentes adaptaciones de los sistemas vivos.

Es muy importante hacer claridad en los términos y en los conceptos para definir la problemática ambiental. En este CUADERNO estaremos estudiando las transformaciones en el medio inducidas por la actividad humana. Antes, sin embargo, es indispensable diferenciar entre las variaciones inducidas en el ecosistema por un cambio brusco en las condiciones del medio a lo largo de la evolución y los cambios inducidos por la actividad humana.

De hecho, los sistemas vivos han cambiado en muchas ocasiones por variaciones bruscas en las condiciones ambientales. Las divisiones entre las etapas geológicas han sido trazadas teniendo en cuenta la incidencia de grandes transformaciones en el medio físico. Hace aproximadamente 80 millones de años desaparecieron de manera brusca los saurios, animales gigantescos que poblaron la tierra durante millones de años y dieron paso al dominio actual de los mamíferos. Según una teoría reciente estos desconocidos organismos que hoy nos pueden parecer de exagerado diseño, fueron borrados de la faz de la tierra como consecuencia de una lluvia de meteoritos, que transformó drásticamente las condiciones del clima.

Otro ejemplo claro son las variaciones de los sistemas vivos que ocurrieron como consecuencia de la glaciación en períodos geológicos relativamente recientes. La última glaciación pasó hace sólo aproximadamente 10.000 años, o sea, después de que el hombre actual se hubiese extendido por todo el planeta. A su paso acabó con muchos de los grandes mamíferos que poblaban el continente americano, como los vacunos, los equinos, etc. los cuales se conservaron en el continente euroasiático.

Este tipo de variaciones con las consecuencias sobre los sistemas vivos, depende de la variación de las condiciones geológicas o climáticas, que pueden ser llamadas también ambientales. De hecho, la desaparición de los saurios se debió posiblemente a una disminución brusca y prolongada de la temperatura, inducida por el polvo que levantó la lluvia de meteoritos. La vida, tal como la hemos estudiado en el primer CUADERNO, depende por tanto de las variaciones de las condiciones externas.

En la etapa actual de la historia nos estamos acercando posiblemente a un cambio climático, inducido sobre todo por la utilización industrial de la energía fósil. Es un cambio ocasionado por la actividad humana. Es a este tipo de variaciones a las que nos hemos acostumbrado a llamar problema ambiental en forma estricta.

Para entender la responsabilidad que tiene la especie humana en la conservación y el mejoramiento de los sistemas vivos, es muy importante distinguir los cambios ocurridos durante las etapas geológicas y durante la evolución, anteriores a la aparición del hombre y lo que ha venido sucediendo en los tiempos históricos.

Para entender la crisis del hombre, no se deberían confundir, por lo tanto, las variaciones ecosistémicas, con lo que hoy en día se denomina problema ambiental. De hecho sería importante especializar en una forma clara el lenguaje, para distinguir estas dos series de fenómenos. La variación de las condiciones del medio ecosistémico o biotopo, lo que hace en realidad es suscitar la aparición de nuevos nichos ecológicos o modificar el predominio de los mismos. En esta forma los mamíferos actuales, tanto herbívoros como carnívoros, pudieron prosperar por la desaparición de los antiguos saurios. Los mamíferos ocuparon los nichos ecológicos que quedaron libres con la desaparición de los saurios. Si los saurios no hubiesen desaparecido y los mamíferos no se hubiesen consolidado, este mamífero que es el hombre no estaría ahora preocupado por la crisis ambiental.

En otras ocasiones lo único que hacen los cambios de las condiciones ambientales es desplazar las formaciones vegetales, como sucedió con las zonas de vida descritas antes, como consecuencia de las glaciaciones. Durante los períodos glaciares las nieves árticas descendieron hasta cubrir gran parte de Eurasia y de América del Norte. En tal caso la tundra boreal y los bosques de coníferas se desplazaron hacia el sur y cubrieron en América hasta la desembocadura del río Ohio. Ello trajo intensas variaciones en los cordones tropicales y en el cinturón húmedo ecuatorial.

Estas variaciones no deberían llamarse problemas ambientales en el sentido que le queremos dar hoy en día a este término. ¿Por qué? Porque los ecosistemas siguieron rigiéndose por las mismas leyes y a medida que cambiaban las circunstancias del medio se modificaban sus nichos ecológicos. Lo característico del ecosistema es que la adaptación y el equilibrio se logra a través de los nichos.

Lo mismo podemos decir respecto de las variaciones que sufre todavía hoy la corteza terrestre y que estudiamos en el primer CUADERNO. El desplazamiento de las capas tectónicas origina variaciones bruscas como son la aparición de fenómenos volcánicos o procesos de orogénesis, es decir, de formación de montañas. La tierra sigue conservando su ritmo de transformación desde la formación de las grandes montañas hasta su desgaste por la erosión y la aparición de extensas llanuras que significa la etapa final o de vejez en la evolución de una región. Desde el punto de vista de los sistemas «naturales», estos procesos no los podemos llamar catástrofes o problemas ambientales. Son simplemente etapas de amplios ciclos evolutivos.

No tendría ningún sentido hacer esfuerzos para controlar esos ciclos o esos fenómenos. Ello sería incluso perjudicial para el sistema vivo. Las erupciones volcánicas son una de las fuentes de renovación del nitrógeno y del azufre, que la vida misma necesita como elementos básicos. Sería ridículo organizar una conferencia internacional para el control de la deriva continental o de los ciclos de formación de las montañas o para apagar los incendios de los volcanes. Todo ello trae, sin duda, transformaciones en los sistemas vivos, pero no en las leyes esenciales que hemos estudiado en el primer CUADERNO. Entender esto es indispensable para saber qué queremos decir cuando hablamos de problema ambiental. Hay sin embargo, una dificultad más difícil de resolver. Durante el proceso evolutivo, muchas de las especies han cambiado su entorno de manera significativa y ello ha inducido cambios en los mismos sistemas vivos. Con un ejemplo entenderemos mejor en qué consiste esta dificultad. Como lo vimos en el primer CUADERNO, la evolución estuvo dominada durante cerca de 2.400 millones de años por organismos microscópicos, compuestos por una sola célula. Nos preguntábamos antes qué significado tenía un dominio tan largo de especies tan primitivas, que poseían un nivel tan bajo de organización. La vida actual no sería posible sin las modificaciones ambientales que introdujeron esos minúsculos organismos. Ellos estuvieron literalmente construyendo la atmósfera con la carga de oxígeno requerida para la vida compleja de los últimos seiscientos millones de años.

No estamos diciendo que construyeron atmósfera para que hoy en día pudiésemos estar discutiendo sobre la vida. No queremos entrar en el difícil problema de saber si la vida obedece o no a un designio previo. En

el tercer CUADERNO examinaremos las diversas hipótesis a este respecto. Por el momento lo que estamos planteando es que la vida actual no sería posible sin las modificaciones introducidas por el mismo sistema vivo en las etapas anteriores de la evolución, de la misma manera que no hubiese sido posible la vida si los soles no hubiesen construido el elemento químico del carbono.

Como vimos antes, todo organismo introduce transformaciones en su medio. ¿No podemos llamar a esto problema ambiental, igual que al problema que hoy nos preocupa? Si ello fuera así, no tendríamos porque preocuparnos ni reunir grandes foros internacionales ni dedicar porcentajes cada vez mayores de la riqueza nacional y mundial a corregir las desviaciones introducidas por la actividad humana.

Todavía hoy en día, los organismos transforman el medio y «preparan el terreno» para que puedan desarrollarse sistemas más complejos. Es lo que llaman los ecólogos la «sucesión vegetal». La función principal de las especies colonizadoras es construir suelo. Los líquenes se aferran a las rocas y la descomponen. El material orgánico se va acumulando y las especies se suceden de acuerdo con las condiciones construidas por los organismos anteriores. Como vimos antes, estos desaparecen una vez cumplida su misión. Sus semillas irán a colonizar nuevos terrenos.

Las transformaciones que los organismos introducen en el medio durante todo el proceso evolutivo o durante el proceso de sucesión vegetal no tienen porque preocuparnos desde el punto de vista ambiental. Por el contrario, marcan el ritmo de la vida. Ninguna de esas transformaciones pone en peligro la continuidad o la evolución de los mismos sistemas vivos. Por lo general contribuyen, más bien, a crear las condiciones ambientales que permiten una mayor complejidad en las estructuras del sistema vivo.

¿Entonces en qué consiste el problema ambiental? Es lo que intentaremos entender a lo largo de las páginas de este segundo CUADERNO. Vamos a dar un paso más en la comprensión de la crisis ambiental. Intentaremos ver porqué la actividad humana transforma el medio de una manera «distinta». El propósito de este segundo CUADERNO no va más allá. No intentaremos estudiar todavía por qué el hombre se comporta así, sino simplemente cómo se comporta. El porqué se comporta así es el objeto de los siguientes cuadernos. Por el momento nos interesa dejar en

claro que el comportamiento humano inaugura como dice Dubos «un camino singular en la naturaleza».

Entender las leyes que regulan el ecosistema es fundamental para comprender en qué consiste el problema ambiental, pero como hemos dicho, todavía no hemos encontrado problemas ambientales. Estos se inician con las modificaciones inducidas por la actividad humana. Vamos a ver algunas de estas modificaciones en el mismo orden en el que se estudiaron las leyes del ecosistema.


Ante todo, vamos a estudiar las modificaciones introducidas por el hombre en los flujos energéticos. Ello nos lleva al análisis de la contaminación atmosférica, dado que su principal impacto se ubica en ese techo protector de la vida. En el segundo capítulo estudiaremos la modificación de los ciclos biogeoquímicos. Tendremos que estudiar allí la manera como el hombre utiliza los elementos de la naturaleza convirtiéndolos en recursos. El tercer capítulo estará dedicado a la transformación de las cadenas tróficas, ocasionada principalmente por la actividad agropecuaria.

Los capítulos anteriores nos llevan a la consideración final acerca de los equilibrios y de los márgenes de resiliencia. La pregunta básica que hay que resolver es si los equilibrios tecnológicos alcanzados por el hombre tienen que ser necesariamente iguales a los equilibrios alcanzados por el ecosistema. La respuesta a esta pregunta nos posibilitará establecer más fácilmente en los siguientes CUADERNOS las diferencias y relaciones entre ECOSISTEMA Y CULTURA. En este capítulo final colocaremos como ejemplo de equilibrio cultural, el fenómeno de la población, tal como lo hicimos en el primer CUADERNO.

LAS MODIFICACIONES EN LOS NIÑOS DE ENERGIA

La contaminación de la atmósfera

La energía en el ecosistema y en los sistemas tecnológicos

 Vimos en el primer CUADERNO cómo la energía se incorpora al ecosistema por la base de la pirámide a través de la fotosíntesis, realizada por las plantas verdes y las algas. Esta energía no se recicla, sino que sigue su curso a través de las cadenas tróficas y la energía que no se aprovecha, se desprende en calor, siguiendo la segunda ley de la termodinámica. El ecosistema es una gigantesca máquina de regulación de la energía.

La totalidad del sistema vivo depende continuamente del sol, pero la manera como la energía penetra y se distribuye a lo largo del sistema ha sido organizada por la vida misma a lo largo de millones de años. La atmósfera, tal como hoy la conocemos, es un regulador de la energía. Si no fuera por ella, la vida tampoco sería posible. Los vientos y las corrientes marinas distribuyen la energía y establecen las condiciones para la formación de las zonas de vida. Por último, una vez acumulada la energía en el depósito de las plantas verdes, empieza a circular por todo el sistema en forma de alimento.

Estas son algunas de las nociones que estudiamos en el primer CUADERNO. Ahora nos interesa estudiar la manera como el hombre maneja la energía y por qué de allí se originan problemas ambientales.

Como lo anota Odum (pag.84), la eficiencia de los sistemas naturales en el uso de la energía, es muy baja, comparada con los sistemas tecnológicos. Muchos ingenieros han pensado en la necesidad de hacer más eficientes los sistemas naturales. Sin embargo, como lo advierte el mismo Odum, «no es lícito comparar motores y sistemas biológicos, a menos de tener en cuenta que estos últimos se reparan y se reproducen a sí mismos... Es importante para los ingenieros compren-

der que todo aumento de la eficiencia de un sistema biológico se obtendrá a expensas del mantenimiento».

Los sistemas tecnológicos desarrollados por el hombre utilizan en forma múltiple la energía y la introducen en diferentes momentos del proceso. A lo largo de la historia, el desarrollo técnico se puede medir por el manejo de la energía. Los cazadores primitivos aprendieron a manejar el fuego para la satisfacción de sus necesidades, primero para protegerse contra el frío, luego para acorrallar las presas en las faenas de caza. Son los primeros usos de la energía de los que tenemos noticia. Significan ya una manera distinta de

*A lo largo de la historia,
el desarrollo técnico
se puede medir por el
manejo de la energía.*

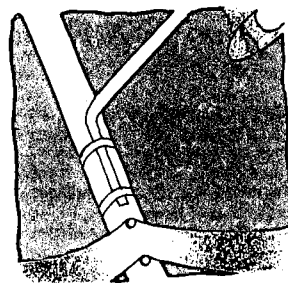
utilizar las fuentes energéticas. La utilización del fuego para las faenas de caza debió causar graves impactos ambientales y es posible que muchas especies se hayan acabado, acorralladas por el fuego.

El neolítico trajo nuevas formas de utilización de la energía. Hasta ese momento, el hombre sólo utilizaba su propia fuerza

muscular para las múltiples labores. El neolítico trajo la primera gran revolución energética. El hombre empieza a utilizar la fuerza animal para las faenas del campo y para el transporte de carga. La domesticación de los animales incorporó su fuerza a la transformación de los ecosistemas. El hombre aprendió a utilizar igualmente, la fuerza del viento para mover los molinos.

Los imperios agrarios introdujeron una fuente de energía mucho más cruel, al menos considerada desde la perspectiva moderna: la esclavitud. Millones de hombres fueron utilizados simplemente como fuerza energética. Gracias a esa energía acumulada podemos contemplar todavía las grandes pirámides en el Medio Oriente o en el continente americano. Con ella se desecaron los pantanos y se construyeron las grandes obras hidráulicas.

Estas fuentes de energía, la fuerza animal, el viento y la esclavitud, predominaron desde el neolítico hasta hace dos siglos cuando se inició la revolución industrial. El problema de las energías anteriores es que no eran fácilmente transportables. La revolución industrial moderna es ante todo una revolución energética. Incorpora al sistema la energía fósil y posteriormente la energía nuclear. La energía fósil no es más que la energía solar acumulada por las plantas y sepultada en el fondo de la tierra hace millones de años. En el seno de la tierra se había convertido en carbón y petróleo. Estos depósitos eran los verdaderos cementerios de la naturaleza o sus basureros. Los restos vivos se habían transformado en piedras negras o en líquido espeso atrapado en los recipientes naturales de las rocas. El carbón y el petróleo han movido el mundo durante dos siglos. Han accionado los pistones de las máquinas, han impulsado los vehículos y los aeroplanos, han cubierto de plástico la tierra. La industria y la vida moderna no se entiende sin ellos.



El manejo tecnológico de los flujos energéticos tiene gran importancia para la actividad agrícola. La agricultura moderna se basa fundamentalmente en la inducción de grandes corrientes de energía a los sistemas agropecuarios. Esta energía es principalmente de origen fósil, pero también interviene, en forma cada vez mayor, la energía nuclear. Los productos agropecuarios dependen cada vez más de estas fuentes y cada vez menos de la energía solar directa. Tal como lo advierte Odum, el progreso agrícola se debe más a los subsidios energéticos que a la adopción de variedades genéticas, porque muchas veces la adaptación de estas variedades depende de los subsidios de energía.

El aumento en el uso de la energía ha sido gigantesco. Un individuo requiere aproximadamente 2.000 calorías, o sea 100 vatios en forma de alimento para poder vivir. En 1970, un habitante de Estados Unidos consumía 10.000 vatios diarios. El consumo de energía fósil a principios del presente siglo, era todavía muy pequeño. En 1970 rondaba los 12.000 millones de barriles al año. El crecimiento ha sido aproximadamente de 7% anual.

Al final de esa impresionante carrera tecnológica, el hombre empieza a darse cuenta de que el desarrollo moderno tiene su precio. No se puede introducir impunemente en el sistema de vida la energía acumulada en los cementerios de la tierra. Sólo muy tarde empezamos a comprender que el equilibrio del planeta empieza a desestabilizarse. Muchos de los problemas ambientales de hoy, son la consecuencia del uso de la energía fósil. El impacto principal ha recaído sobre la atmósfera. Por esta razón vamos a estudiar en este capítulo la contaminación atmosférica.

El techo de la tierra:

La contaminación atmosférica

La atmósfera actual es un verdadero filtro de la energía. Durante miles de millones de años la vida misma venía construyendo el techo de su propia casa, de su *oikos*. Desde una atmósfera primitiva llena de gas metano y de gases sulfurosos, se había llegado a un balance preciso entre los elementos básicos que requiere la vida, tal como hoy la conocemos. En su estado actual, la atmósfera se compone de mucho nitrógeno, bastante oxígeno y una traza minúscula de anhídrido carbónico y otros gases raros. El balance entre estos elementos y estas cantidades se regula en parte a través del mismo sistema vivo. Las plantas se alimentan de anhídrido carbónico y expulsan oxígeno y los animales respiran oxígeno y expulsan anhídrido carbónico.

El techo de la tierra no es, como puede parecerlo, un espacio vacío. Como vimos en el primer *CUADERNO*, está hecho para domesticar la energía del sol y adaptarla a las condiciones que requiere la vida. Los rayos más fuertes, que los organismos actuales no puede resistir, van quedando aprisionados en las capas más elevadas de la atmósfera. Sólo penetran hasta la superficie los rayos luminosos y las ondas más largas y más benignas.

Este equilibrio empieza a verse modificado por la combustión de la energía. Gran parte de los problemas ambientales actuales se deben a la manera como el consumo de energía fósil desestabiliza ese techo sutil que llamamos atmósfera. La inyección de grandes cantidades de anhídrido carbónico y de óxidos de nitrógeno y de azufre está empezando a alterar gravemente las condiciones de la vida. Vamos a tratar estos efectos que preocupan la conciencia ambiental moderna, tal como pudo observarse en la conferencia mundial celebrada en Brasil en 1992. Los

*El techo de La Tierra no es,
como puede
parecerlo, un espacio
vacío.*

tres primeros temas de la Conferencia se refieren a la desestabilización del equilibrio atmosférico, ocasionado sobre todo por el consumo de energía fósil.

El primer impacto se refiere a los posibles cambios climáticos ocasionados por lo que ha dado en llamarse **efecto invernadero** y cuyas consecuencias apenas se sospechan. El segundo efecto se refiere a la **lluvia ácida**, ocasionada por la inyección en la atmósfera de azufre y nitrógeno, provenientes también principalmente del consumo energético. Por último, trataremos el **debilitamiento de la capa de ozono**, causado por algunas sustancias de uso industrial, además del consumo energético. Los desequilibrios ocasionados por la inyección en el sistema de la vida de estas fuentes energéticas, apenas se han empezado a notar durante los últimos decenios. Un poco tarde, pero quizás a tiempo para evitar la desestabilización de todo el sistema, si es que logramos establecer un desarrollo ambientalmente armónico.

El balance de los gases atmosféricos y el efecto invernadero

Los impactos de la energía fósil son múltiples. Ante todo, aumenta la presencia de bióxido de carbono y rompe el balance que mantiene este elemento con el oxígeno, poniendo en peligro la estabilidad actual del clima. El fino balance entre oxígeno y bióxido de carbono es el fruto de los mismos procesos vivos. Como se vio en el primer *CUADERNO*, el oxígeno ocupa casi la totalidad del espacio que deja el nitrógeno, llenando un poco más del 20% de la atmósfera. El bióxido de carbono participa sólo en un 0.033% en la composición atmosférica, pero su presencia es vital para regular la temperatura global. Siendo un depósito muy pequeño, pero muy activo, es muy sensible a las perturbaciones introducidas por la actividad humana.

En el proceso de fotosíntesis, las plantas utilizan el bióxido de carbono para construir la sustancia misma de la vida que son los carbohidratos. El CO_2 atrapa el calor de las ondas infrarrojas aumentando lo que ha dado en llamarse el efecto invernadero. Efectivamente, el planeta puede compararse en estas circunstancias a un invernadero artificial, cuyo techo atrapa parte del calor y no le permite difundirse por la atmósfera.

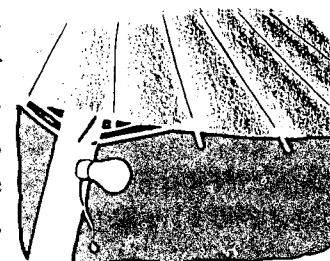
El efecto invernadero es de por sí un hecho natural. La vida es posible en la tierra, porque parte del calor expulsado por la superficie del planeta es atrapado por algunos gases como el bióxido de carbono (CO_2) el metano (CH_4) y otros, que al absorber las radiaciones infrarrojas, mantienen caliente la atmósfera. Si no fuese por estos gases, la tierra sería aproximadamente unos treinta y

tres grados centígrados más fría. El planeta Marte es muy frío porque tiene pocos gases que atrapen el calor del sol y Venus es excesivamente caliente, porque contiene demasiado bióxido de carbono. Existen, por lo tanto, fuentes naturales de emisión tanto de CO_2 , como de metano. Las termitas y las tierras húmedas, por ejemplo, son grandes productoras de metano y, como vimos, los animales expulsan continuamente bióxido de carbono.

Estos gases se mantenían en relativo equilibrio, gracias a los ciclos que estudiamos en el primer *CUADERNO*. Se conocen las variaciones que han tenido desde hace 160.000 años, es decir, cien mil años antes de que apareciera el homo sapiens. El bióxido de carbono, por ejemplo, varió durante los períodos glaciares e interglaciares aproximadamente en unas cien partes por millón [ppm]. A ello se debieron en gran parte las variaciones del clima que estudiamos antes y que modificaron las condiciones de vida sobre el planeta.

El problema ambiental se inicia cuando, por causa de la actividad energética, se empieza a modificar el balance de dichos gases. Además de esos gases que podemos llamar naturales, puesto que se encuentran en el mismo estado en la naturaleza, el hombre empezó a inyectar otros gases que absorben radiaciones infrarrojas como los clorofluorocarbonados (CFC).

Igualmente la atmósfera se ha visto asediada por otro contaminante altamente peligroso para la salud como es el plomo.



Los medios de transporte modernos son verdaderos devoradores de oxígeno. La aviación quema tanto oxígeno como lo harían 2.000 millones de habitantes. Los automóviles consumen tanto como lo hace toda la población humana. **En el balance de los impactos de crecimiento poblacional hay que sumar, por tanto, el vértigo de la velocidad del mundo moderno.** No sólo cuántos somos, sino cuán rápidamente vivimos. A medida que se industrializan, los continentes tienen que convertirse en importadores de oxígeno. Se calcula que la producción de oxígeno por fotosíntesis sólo alcanza a cubrir el 60% de las necesidades de Estados Unidos. Un 40% se importa desde los océanos, pero éste se está agotando también por la contaminación del mazut petrolero. Todavía queda, sin duda, mucho oxígeno en las capas atmosféricas de los mares, pero ciertamente no son depósitos inagotables.

Los peligros del bióxido de carbono fueron alertados por el geólogo Chamberlain a finales del siglo pasado, pero los cálculos de su incidencia sólo empezaron a realizarse a mediados del presente siglo. Se calcula que, debido a la actividad humana, el bióxido de carbono aumentó de 290 partes por millón [ppm] a 320 ppm, o sea, más del 10% de aumento, durante los últimos cien años, contados desde 1860. Más de la mitad de este aumento tuvo lugar durante los últimos treinta años. El ritmo actual de crecimiento del CO_2 es de 0.4% anual, lo cual significaría que dentro de un siglo la concentración atmosférica será el doble que la que existía antes de iniciarse la revolución industrial hace doscientos años.

Esta concentración supondría un aumento de la temperatura que oscila entre 1.5 y 4.5 grados centígrados, de acuerdo con los Modelos de Circulación General (MCG). La concentración de metano, por su parte, crece a una tasa de 1% al año y hoy en día es más alta que en cualquier período considerado durante los últimos 160.000 años. Hoy en día, las fuentes naturales de metano sólo contribuyen en un 25% al total, o sea que el hombre es responsable de un 75%. Un aumento

de la temperatura del orden dicho traería consigo el crecimiento de los océanos en unos 30 centímetros por encima de los niveles actuales.

El aumento de la temperatura puede afectar también la nubosidad, porque altera el *albedo*, que es el reflejo de luminosidad por parte del suelo. El albedo, en condiciones normales alcanza aproximadamente el 30% de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra. El cambio en la nubosidad afectará seriamente el ciclo del agua.

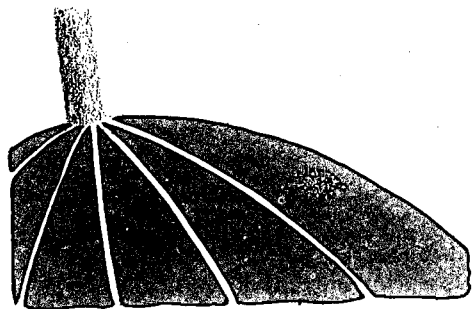
La combustión de energía fósil es la principal causa de la acumulación de gases de invernadero, pero existen también otras fuentes que es necesario enumerar en este capítulo. Las fábricas de cemento, por ejemplo, son una de las principales fuentes de bióxido de carbono y el estiércol y la producción de arroz en eras anegadas contribuyen, a su vez, a generar metano. El aumento y la concentración de ganado vacuno, como consecuencia de la actividad pecuaria del hombre, está incidiendo también en el desequilibrio de la atmósfera.

Otra de las causas principales de acumulación de gases es la quema de la biomasa, así ésta no sea utilizada como fuente de energía. Las grandes quemas de bosques contribuyen, por lo tanto, de manera substancial, a la modificación del clima.

Se calcula que sólo en el año 1970 se introdujeron en la atmósfera 8.000 millones de toneladas de bióxido de carbono, de los cuales 6.000 provienen de la quema de combustibles fósiles y 2.000 provienen de la actividad agrícola.

Estos datos son admitidos por la mayor parte de los científicos y no representan ninguna alarmismo superficial. Son el resultado de estudios y mediciones detenidas realizadas por gente sensata y no por profetas apocalípticos. Pasemos ahora a examinar otros efectos del consumo de energía.

La lluvia ácida



La lluvia ácida es el segundo problema que atormenta la conciencia moderna y que se analizó con particular énfasis en la pasada Conferencia de Río. La energía fósil, por el hecho de ser producida con residuos de plantas y animales, contiene cantidades considerables de nitrógeno y azufre. Ya vimos en el primer *CUADERNO* la manera como se recicla el nitrógeno dentro del ecosistema, evitando así densidades peligrosas de ácidos y óxidos de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno y azufre y el anhídrido carbónico existen dentro del proceso ecosistémico, pero en concentraciones y con una distribución que no altera el equilibrio de la vida. Mejor dicho, la vida se ha organizado sobre esos balances. Los volcanes, por ejemplo, emiten bióxido de azufre. Aproximadamente el 80% del dióxido de carbono que se produce sobre la tierra, proviene de la combustión de energía fósil.

En determinadas concentraciones estos compuestos son fatales para el sistema vivo. Al ser liberados por la combustión, rápidamente se combinan con el oxígeno para formar óxidos, que la humedad de las nubes convierte en ácidos. **Por razón del consumo de energía fósil, el hombre ha cambiado la lluvia benéfica en una literal lluvia de veneno.** Estos óxidos, combinados con la atmósfera que respiramos, resultan

también fatales para la salud humana. Afectan gravemente las vías respiratorias. Además, el óxido nítrico se cuenta también entre los gases del efecto invernadero. Los lagos y los ríos de Europa empezaron a registrar una acidez creciente, que está acabando con la vida. Mueren primero los peces que más requiere el hombre como el salmón, que no es capaz de resistir un pH superior a 5.5. En algunos lagos y ríos del norte europeo, la acidez ha llegado a registrar un nivel de cuatro en la escala del pH.

Se estima que las emisiones de bióxido de azufre producidas por la actividad humana alcanzan hoy unos 180 millones de toneladas métricas al año en todo el mundo y están aumentando en cerca de 4% anual. Las emisiones de óxidos de nitrógeno alcanzan aproximadamente 75 toneladas métricas al año. Este fenómeno está produciendo estragos en las regiones templadas. Durante la década de los setenta, los lagos de los países nórdicos empezaron a morir. Poco después los bosques de Europa se fueron secando. La alarma se propagó y las investigaciones acabaron por descubrir al culpable. Era nada menos que el motor del desarrollo moderno: la energía fósil.

La actividad humana está afectando gravemente la regulación de estos ciclos, no en razón de las cantidades globales introducidas dentro del sistema de vida, sino por razón de sus concentraciones sobre todo en los espacios urbanos. Las concentraciones de anhídrido sulfuroso en las grandes ciudades puede llegar a cincuenta microgramos por metro cúbico, mientras que en las regiones rurales de los países industrializados está por debajo de diez microgramos. Sin embargo, las ciudades y las concentraciones industriales sirven de centros de difusión de contaminantes fotoquímicos, transportados a las regiones rurales por los vientos.

El debilitamiento de la capa de ozono

Hasta ahora hemos visto la manera como la actividad humana está afectando las capas bajas de la atmósfera, o sea, la tropósfera. Como se indicó antes, la atmósfera forma un equilibrio en sus distintas capas y la vida depende no sólo de los niveles inferiores sino, por igual, de la protección que ejercen los niveles superiores, al domesticar la energía solar. La diferencia es que, mientras la tropósfera, constituida por los niveles más cercanos a la tierra, está agitada por continuos vientos que pueden barrer la contaminación, la estratósfera se mantiene en un continuo estado de quietud. Ello la hace más vulnerable a la intervención humana.

El impacto del desarrollo moderno ha superado los límites más inmediatos a la tierra y empieza a desestabilizar las capas superiores, en las que se concentra la capa protectora del ozono. Como vimos en el primer *CUADERNO*, la capa de ozono es una franja protectora del sistema vivo contra los rayos ultravioleta. La vida actual no está adaptada al golpe de estos rayos, que predominaban en la atmósfera primitiva.

El debilitamiento de la capa de ozono fue identificado en 1985.

Es esta capa protectora, que podemos llamar el escudo de la vida, la que empieza a ser alterada por la actividad humana. Los cohetes, por ejemplo, dejan escapar toneladas de hidrógeno, que se combina con el ozono, abriendo brechas en la capa protectora. Algunos otros contaminantes como los clorofluorocarbonados (CFC) que desprenden los gases utilizados en los procesos de congelación o de impulsión de líquidos, a los que hemos dado el nombre poco

castizo de «spray», se escapan de los niveles inferiores y se condensan en la estratósfera. Se calcula que el Cohete Saturno V desprendió 200 toneladas de hidrógeno y que 125 cohetes similares acabarían prácticamente con la capa protectora del ozono. El hielo de las nubes a una altura de 20 kilómetros aproximadamente, reacciona con el cloro y el cloruro de hidrógeno que provienen de los CFC.

El debilitamiento de la capa de ozono fue identificado por primera vez en 1985. Desde ese entonces los científicos de la NASA (Administración de Aeronáutica y del Espacio de Estados Unidos) vienen monitoreando el ozono estratosférico a través del satélite NIMBUS-7. Los primeros agujeros fueron encontrados encima de la Antártida, en el hemisferio sur. El agujero de 1989 alcanzaba a cubrir unos 26 millones de kilómetros cuadrados. En 1990 se detectó debilitamiento por primera vez en el hemisferio norte.

Quizás los impactos del desarrollo moderno sobre el equilibrio atmosférico son más visibles que los que desestabilizan los otros medios. El desarrollo industrial, con su alto consumo energético, está afectando el balance adquirido por los procesos vivos a lo largo de millones de años. La actividad del hombre anterior a la revolución industrial, afectaba más visiblemente el suelo o los cauces de agua. El consumo energético era relativamente bajo y la dispersión rural de la población evitaba concentraciones peligrosas. Muy diferente es lo que sucede desde hace dos siglos. El inmenso consumo de carbón y petróleo que ha servido como impulsor del desarrollo moderno, está empezando a desestabilizar el medio frágil de la atmósfera.

El costo de la contaminación

Las consideraciones anteriores pueden llevar al análisis de las repercusiones de la contaminación atmosférica sobre el sistema productivo. Hablar de los costos de la contaminación parece algo irreal, ya que se trata de la amenaza al mismo sistema vivo. La contaminación, en cuanto que es un proceso de entropía o de muerte, debe ser combatida a cualquier precio. Hablar de costos de la contaminación parece una forma de regalarle a la vida misma un espacio para la producción económica. Sin embargo, es lo que se ha venido haciendo y por esta razón es indispensable plantear el problema también sobre la base de los costos.

Se calcula que la contaminación atmosférica significaba sólo en Estados Unidos en 1971, el equivalente a un costo anual de 1.650 millones de dólares. Evidentemente

en estos costos no están contabilizadas las muertes humanas ni la pérdida que sufre el sistema vivo. Son los costos que se introducen directamente en el sistema productivo por corrosión de materiales, pérdida de horas laborables, etc. Si se puede calcular el costo de la muerte, habría que hacer el balance de las 30.000 muertes que sólo en Gran Bretaña cobra anualmente la contaminación atmosférica por enfermedades del sistema respiratorio.

Las consecuencias de la contaminación atmosférica sobre la salud humana, tal como lo ha analizado Commoner, se distribuye en forma diversa a lo largo de los distintos niveles de la estructura social. El ambiente contaminado es mucho más denso allí donde se asientan los barrios obreros, cercanos a las fábricas, o a lo largo de las vías más congestionadas, ocupadas cada vez más por las personas de escasos recursos. El problema ambiental se viene sintiendo con crudeza sobre las capas bajas de la población mucho antes de que la intelectualidad iniciara los movimientos de protesta.

El aire de los países pobres

Durante mucho tiempo se afirmó que la contaminación atmosférica es un problema que afecta a los países altamente industrializados, pero que no le incumbe a los países en desarrollo. Esta es la posición que predominó en Estocolmo y para esa época

podía aceptarse como cierta. En 1970 la contribución de los países pobres en las emisiones de dióxido de sulfuro era mínima. Mientras Norteamérica producía 45 millones de toneladas al año, Sudamérica sólo llegaba a dos millones. Puede decirse, por tanto, que el envenamiento de la atmósfera es el resultado de los procesos de concentración energética e industrial de los paí-

ses desarrollados. La participación de los países industrializados en el deterioro de la atmósfera, los debería comprometer más en la búsqueda de las soluciones. Los delegados del Tercer Mundo tenían razón en indignarse al sentirse igualmente culpabilizados en la Conferencia Internacional de Estocolmo. La atmósfera cambió en la Conferencia de Brasil y la Declaración de Principios aceptada ya la responsabilidad diferenciada de los países en la crisis ambiental.

Aunque los procesos de concentración de la producción y del consumo siguen aumentando, puede decirse quizás que el problema está cambiando de signo y en la actualidad está afectando también a los países pobres por diferentes razones. Las leyes y los controles anticontaminantes son mucho más severos y se cumplen con mucho más rigor en los países industrializados. La benignidad de los gobiernos en los países subdesarrollados, con la que se pretende incitar el desarrollo a toda costa, ha permitido un proceso de industrialización indiscriminado, con muy pocos controles ambientales.

Estas razones han incrementado gravemente la contaminación de las grandes ciudades de

los países subdesarrollados, de tal manera que en este momento algunas de ellas tienen el dudoso privilegio de estar a la cabeza en las listas de envenenamiento atmosférico. Ya en 1978 Ankara era la primera en la lista prohibida. Ciudades como Sao Pablo, México, Santiago de Chile, etc. han envenenado la atmósfera y no tienen los recursos para invertir los procesos. Según la Red Panamericana de Contaminación Atmosférica, estas ciudades al igual que Caracas, Córdoba, Bogotá, Montevideo y otras, exceden los promedios aceptados por la Organización Mundial de la Salud.

Los países industrializados han logrado poner en efecto una serie de medidas que han permitido disminuir los índices de contaminación atmosférica. Entre ellas se pueden contar los reductores de las emisiones para los automóviles, los sistemas de alarma para las grandes ciudades, el aumento de la altura de las chimeneas, etc. No ha sucedido lo mismo en los países en vías de desarrollo, en los que más bien se han acumulado las tecnologías contaminantes.



¿Medidas suficientes?

Veamos ahora cuáles son las medidas que se han empezado a aplicar para mitigar al menos la contaminación atmosférica. La contaminación urbana empezó a registrarse desde finales del siglo pasado en algunas ciudades, pero sólo se extendió a la mayor parte de los centros urbanos de los países desarrollados desde 1950. Las lluvias ácidas empezaron a observarse de manera conjunta en el suelo europeo desde 1954 y el dióxido de Carbono desde 1955.

En 1970 la Organización Mundial de la Salud logró organizar la primera Red para el Monitoreo de la Contaminación Atmosférica, que en 1980 abarcaba 60 países con 110 estaciones. Los países industrializados organizaron a su vez redes nacionales y desde 1975 aproximadamente se puede contar con datos suficientes para un diagnóstico acertado. Ya para ese entonces se había iniciado el Programa de Investigación sobre la Atmósfera Global (GARP). En 1979 se realizó la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima y ese año fue adoptado el Programa para el Clima Mundial. El PNUMA ha establecido una red de monitoreo que se conoce por su sigla en Inglés como el GEMS (Global Environment Monitoring System), en el que participan 33 ciudades, la mayor parte pertenecientes a los países industrializados.

La actividad se ha extendido también a las medidas de control cada vez más rigurosas en los países industrializados, gracias a la presión de una conciencia pública vigilante y exigente. Desde los años setenta se empezaron a establecer estándares para la emisión del dióxido sulfuroso en la mayoría de los países. Los primeros actos legislativos sobre la pureza del aire datan de 1954

En 1981, con el triunfo de la política neoliberal, se inició un debilitamiento generalizado de los controles ambientales.

en Gran Bretaña y de 1963 y 1970 en Estados Unidos, con la Ley sobre el Aire Puro. En la antigua Unión Soviética sólo fueron adoptados en 1980. Estas medidas han dado resultados positivos en la mayor parte de los países industrializados. En 20 de las 33 ciudades que participan en el GEMS ha disminuido la concentración de dióxido de azufre. Las concentraciones de dióxido en el centro de los Angeles descendió en diez años de 0.27 a 0.17 partes por millón, desde 1965. Las señales de alerta por concentraciones peligrosas al medio día descendieron en Japón de 330 en 1973 a 84 en 1979. Alemania logró disminuir en cinco años hasta 1988 y con medidas fuertes, el 64 % de las emisiones de bióxido de azufre.

Sin embargo, las medidas adoptadas exigen tantos sacrificios económicos, que algunos países han empezado a disminuir el rigor de los controles. En 1981, con el triunfo de la política neoliberal, se inició un debilitamiento generalizado de los controles ambientales. El Congreso no sancionó el Programa, pero el Gobierno lo ha venido aplicando. En 1988, 90 ciudades estadounidenses no cumplían los estándares y ese año los niveles de envenenamiento de la atmósfera fueron los peores de toda la historia.

La situación es peor en los países en desarrollo. Las prioridades del Tercer Mundo agobiado por la deuda y por las crisis sociales y políticas, con altos índices de desnutrición y analfabe-

tismo, son necesariamente otras, más inmediatas. Sin embargo, la desorganización del desarrollo dependiente sigue acumulando en las grandes ciudades una población indefensa, mientras se importa una tecnología contaminante, desechada en los países de origen. La carga de la contaminación se está trasladando cada vez más hacia los países pobres, que carecen de los recursos para emprender las costosas políticas de limpieza. No parece que dentro del actual estilo de desarrollo pueda haber un mundo limpio para los países pobres. Parodiando a Juvenal, el poeta latino, se puede decir que «sólo siendo rico se puede respirar en Roma».

Hasta la Cumbre de la Tierra celebrada en Brasil, no se había logrado ningún compromiso internacional. Los esfuerzos se han venido realizando dentro de los límites nacionales, al menos para la contaminación de la tropósfera. El único acuerdo que se alcanzó hasta esta fecha, fue el Protocolo de Montreal (1987), que limita el uso

de los CFC y que fue ratificado y fortalecido en la segunda reunión del Protocolo que tuvo lugar en Londres en junio de 1990. Sin embargo, el Protocolo no ha sido aceptado o ratificado por la mayor parte de los países.

Las difíciles negociaciones sobre el Cambio Global que tuvieron lugar en la pasada Conferencia de Río, muestran bien los obstáculos para llegar a soluciones satisfactorias. Por una parte, los productores de combustibles fósiles no estaban dispuestos a menoscabar su principal fuente de riqueza y los grandes consumidores, como Estados Unidos, tampoco estuvieron dispuestos a que se les señalasen plazos para disminuir el consumo de energéticos fósiles. Por estas razones sólo se pudo llegar a un débil pacto de caballeros, que busca la disminución progresiva de los gases que producen el efecto invernadero.

Las alternativas

Ante el peligro del envenenamiento de la atmósfera, las fuentes alternativas de energía no aparecen con la suficiente rapidez y algunas de ellas contienen peligros ambientales quizás mayores. Puede decirse quizás que la única fuente energética que está en capacidad de mantener los actuales patrones de consumo es la energía nuclear, pero Chernobyl sigue quemando todavía la conciencia pública. Los límites entre el átomo para la paz y la bomba atómica son demasiado frágiles y dependen de voluntades políticas maleables.

El átomo tiene grandes posibilidades energéticas, pero también grandes peligros. La ener-

gía generada por la fisión de un gramo de uranio 235, por ejemplo, equivale a la producida por casi tres toneladas métricas de carbón. El uranio 235 es escaso, pero la reacción del deuterio sería prácticamente una fuente inagotable.

Desde el punto de vista tecnológico, la energía nuclear es la que más ha avanzado durante los últimos decenios y se perfila como la casi segura heredera de la energía fósil. La capacidad instalada de generación nuclear sólo representa todavía un 5% del total de la energía producida por el hombre y un 17% del total de generación eléctrica y casi toda ella está ubicada en los países desarrollados. Cinco países, Estados Unidos, Francia, Japón y la antigua URSS, produ-

cen y consumen cerca del 75% del total mundial. Ello a pesar de que al desarrollo de la energía nuclear como fuente primaria se oponen hoy en día no sólo las dificultades técnicas y financieras sino también una oposición popular creciente, políticamente difícil de manejar.

Los peligros que amenazan al planeta con el uso de la energía nuclear son incalculables. Como vimos en el primer *CUADERNO*, la energía nuclear es la que utilizan los soles y, en último término, es la primera fuente de toda energía. Su aplicación a los sistemas vivos está rodeada de incertidumbre. El hombre ha podido retroceder a esta antigua fuente energética, lo que significa un retorno en el proceso evolutivo. No sabemos cuál puede ser el resultado o cuál es la capacidad del hombre para manejar un arma de tanto poder.

Los rayos gamma, que provienen de las radiaciones nucleares, no queman la piel en forma inmediata, pero penetran en el tejido vivo y no hay nada que pueda obstaculizar su paso. Por ser eléctricamente neutros, no pueden ser desviados por los campos electromagnéticos. El equilibrio biológico, tal como se ha constituido en las últimas etapas de la evolución, no tiene, al parecer, ninguna posibilidad de adaptarse a este tipo de radiaciones. Su impacto sobre los tejidos lo experimentaron los primeros científicos que trabajaron con el átomo, como Pierre Curie. Posteriormente se empezó a detectar la formación de cáncer en las personas que trabajaban en regiones de alta radioactividad. Las radiaciones atacan en forma irreversible las células sexuales. El holocausto de Hiroshima y Nagasaki mostró el verdadero rostro del átomo utilizado como arma de guerra. La duda es si podemos utilizarlo solamente para fines pacíficos y hasta qué punto podemos evitar el desastre final.

El hombre difícilmente podrá prescindir del uso de la energía nuclear. Sus aplica-

ciones son múltiples, en medicina, como fuente de energía eléctrica, en agricultura y en muchos otros campos. El gran desastre ocasionado por las bombas atómicas lanzadas sobre Japón fue, sin embargo, el que permitió observar algunos de los efectos benéficos. Puede decirse que el uso del átomo es el gran reto tecnológico del hombre moderno y, al mismo tiempo, su mayor amenaza.

Por otra parte, la utilización de fuentes renovables de energía como la solar, ha tenido aplicación hasta el momento a nivel doméstico sobre todo para la calefacción del agua. La potencia del viento se ha intensificado hasta 100 KW para uso rural en bombeo de agua o para generación de energía eléctrica suficiente para empresas artesanales.

La utilización de la energía solar como fuente de abastecimiento industrial a gran escala presenta todavía problemas técnicos como las grandes extensiones de instalación (320 Km² aproximadamente para producción de 1000 MWe) y elevados requerimientos de agua, mayores que en otras fuentes energéticas.

Gran parte de la humanidad sigue dependiendo en consecuencia de la más antigua fuente, la combustión de la biomasa, sea como leña o como carbón vegetal. El uso de leña como combustible todavía representa el 47% del total mundial del uso de la madera y en el mundo en desarrollo el 80%, lo cual supone una gran presión sobre la masa boscosa, aumentada a diario por el crecimiento poblacional. Además, el desperdicio de combustible en este sistema puede llegar al 90%.

Una de las maneras prácticas de resolver el problema energético de las clases populares es el uso del biogas como combustible, utilizado en el campo europeo desde principios de siglo. Su extensión se ha intensificado en Latinoamérica pero todavía en forma muy experimental. Al parecer, el problema principal radica en la gran cantidad de combustible que se requiere en relación con la energía producida. Ello ha hecho difícil su aplicación a los centros urbanos. Su aplicación se ha extendido sobre todo en China (más de 7 millones de plantas familiares), India (80.000), etc.



PREGUNTAS Y PROBLEMAS AMBIENTALES

Con este capítulo iniciamos ya el estudio de los problemas ambientales y nos vamos acercando a la comprensión de las explicaciones. Sin embargo, éstas no aparecen todavía claras y serán objeto del tercer *CUADERNO*.

Por el momento surgen algunas preguntas inquietantes que pueden preparar para la comprensión del tercer *CUADERNO*. ***¿A qué atribuir la conducta del hombre que empieza a desestabilizar el techo de la tierra? ¿Será acaso el fruto de una inconsciente estupidez o de una consciente maldad?*** Estos vocables asoman a veces en los labios de los ecologistas a ultranza.

Sin embargo, hemos visto que todas las culturas han tenido que incorporar insumos energéticos. Ello difícilmente puede atribuirse, por lo tanto, a la maldad del hombre moderno. Por lo visto, el problema ambiental involucra la totalidad de las formaciones culturales. Al parecer no es un problema originado solamente por la mala voluntad. Claro está que ella también entra en juego. ***¿Cuál es la proporción entre estas dos explicaciones?***


La civilización contemporánea no es homogénea. ***¿Cómo dividir estas responsabilidades?*** Es es uno de los aspectos que se estudiarán en el tercer *CUADERNO*.

Sería importante investigar las fuentes de energía que se utilizan localmente, lo cual es más fácil de averiguar en municipios pequeños. ***¿Qué proporción tiene la leña y cuál es su impacto sobre los bosques? ¿Cuántos vehículos existen por habitante? ¿Qué fuentes alternativas existen y hasta dónde han sido investigadas?***

LA DESESTABILIZACION DE LOS CICLOS

Los recursos y el hombre

Los ciclos y el agotamiento de los recursos

imos en el primer *CUADERNO* la manera como los sistemas vivos reciclan los elementos químicos y sus compuestos, dentro de una estricta economía. El reciclaje evita igualmente que se acumulen los desperdicios. El ecosistema, concluíamos, no hace basuras. La vida se va renovando con la muerte. El material vegetal es reciclado por el suelo y los elementos o los compuestos que pueden ser perjudiciales, son transformados.

El nitrógeno es recogido de la atmósfera por las bacterias nitrogenantes y desintegrado de nuevo, cuando el organismo muere, por las bacterias desnitrógenantes. Los carroñeros, esas especies despreciadas por una falsa cultura, son verdaderos constructores de vida, desde el momento mismo en que empiezan a descomponerse los organismos. Si queremos construir una cultura ambiental, es necesario imitar el ejemplo de los organismos que construyen la vida desde el momento de la desintegración y de la muerte.

Los sistemas tecnológicos funcionan de manera diferente. Lo que nos interesa examinar en este capítulo es la gran dificultad que tiene el hombre para manejar los ciclos de los elementos. Ello tiene dos consecuencias principales. Por una parte, el agotamiento de los mismos recursos. Por otra, el fenómeno de la contaminación y de las basuras.

Ante todo, el agotamiento de los recursos. Como vimos en el primer *CUADERNO* los organismos de las distintas especies utilizan solamente de 30 a 40 elementos químicos de los 92 elementos naturales contenidos en la tabla periódica. El hombre, en cambio, como lo anota Hutchinson, utiliza prácticamente la totalidad de los elemen-

*Si queremos construir
una cultura ambiental,
es necesario imitar el ejemplo
de los organismos que
construyen la vida desde
el momento de la desintegración
y de la muerte.*

tos y además, él mismo ha sintetizado nuevos elementos. Por otra parte, el hombre recoge los elementos que necesita para la producción, los utiliza y luego los convierte en desechos. Es un comportamiento exactamente contrario al del ecosistema. En el tercer *CUADERNO* tendremos oportunidad de preguntarnos por qué sucede esto. Por el momento baste constatar los hechos.

La literatura sobre el uso y abuso de los recursos se inició tímidamente en los años cincuenta con el estudio de la Universidad de Chicago (Thomas, 1959), pero sólo tomó auge a partir de mediados de los años sesenta. Basándose en los estudios anteriores, el documento que alertó la opinión pública sobre este problema, fue el Primer Informe del Club de Roma titulado «Los Límites del Crecimiento». El Informe es muy

pesimista en relación con el futuro de los elementos más utilizados por la industria. Examina los principales recursos utilizados por el hombre, como el platino, el oro, el zinc, el plomo, el cromo. El consumo de la mayor parte de estos recursos crece más rápidamente que la población, con tasas exponenciales. A este ritmo, el Informe concluye pronosticando el agotamiento o el encarecimiento excesivo de la mayor parte de los recursos utilizados por la industria en un lapso de cien años.

Las reacciones al Informe no se hicieron esperar y siguen afirmando la omnipotencia de la tecnología. Es cierto que la versatilidad y la creatividad de los sistemas tecnológicos es enorme. El agotamiento de los recursos impulsa la imaginación tecnológica que se desplaza hacia la utilización de nuevos elementos. El aluminio ha reemplazado en gran parte al hierro. Los cables de fibra óptica han reemplazado el cobre para la conducción de energía y de información. Pero ello no disminuye necesariamente los problemas ambientales, sino que en ocasiones los traslada hacia nuevas fronteras.

En los documentos sobre medio ambiente no se ha vuelto a discutir mucho sobre el agotamiento de los recursos. No es un discurso cómodo. Pero el Informe anual del Instituto de Recursos Mundiales sigue publicando, sin mayores comentarios, el índice de vida de algunos de los recursos más utilizados. Los pronósticos en muchos de los casos siguen estando por debajo de los cien años.

El crecimiento en el consumo de minerales se ha incrementado de manera exponencial. En los 150 años de la Revolución Industrial, contados hasta 1900 se multiplicó por diez el uso de minerales, mientras la población sólo alcanzó a duplicarse. Desde 1900, en cambio, ese consumo se ha multiplicado por treinta. En esta forma el material de hierro utilizado en 1991 ascien-

de a más de medio millón de toneladas anuales. Puede decirse que vivimos todavía en la civilización del petróleo y del acero. De hecho, el aluminio que ha venido reemplazando durante el presente siglo principalmente el hierro, todavía es extraído en una proporción mucho menor, llegando a 18 millones de toneladas anuales.

Todavía es mayor la masa de consumo en materiales no metálicos. Anualmente se arrancan a la tierra unos 11.000 millones de toneladas de material de piedra y 9.000 millones de arena y gravilla.

Por su puesto, la utilización de los recursos no es igual en todo el planeta. Estados Unidos consume casi la mitad del aluminio utilizado a nivel mundial y cada ciudadano norteamericano consume en promedio 23 veces más que un mexicano. Un japonés utiliza nueve veces más acero que un habitante de China. Un ciudadano norteamericano consume en promedio 12 veces más papel que un latinoamericano.

Los aumentos de producción y consumo de elementos se han dado principalmente durante el último siglo. Estados Unidos durante ese lapso ha multiplicado por cuatro el consumo de acero por habitante, cinco veces el de cobre y siete veces el consumo de papel. Ese país ha consumido más minerales en los 36 años que van desde 1940 a 1976 que el consumido por toda la humanidad durante toda la historia anterior.

Desde 1973, el crecimiento del consumo de minerales ha disminuido, debido tanto a un menor crecimiento económico en el período posterior a la crisis petrolera, como al aumento del reciclaje y a la utilización creciente del plástico, que disminuye los efectos ambientales ocasionados por la extracción de materiales, pero aumenta enormemente el problema de las basuras no reciclables. Debido al menor consumo de minerales en los países industrializados, los países pobres están aumentando más rápidamente su cuota de consumo. En la última década, los países del Tercer Mundo aumentaron su participación en el consumo mundial de aluminio de un 10 a un 18% y el de zinc de un 16 a un 24%.

Por otra parte, el hombre acelera el ciclo de algunos elementos esenciales para la vida, como el fósforo. Se ha calculado que el hombre precipita al fondo del mar de uno a dos millones de toneladas anuales de roca fosfatada. De esta inmensa cantidad sólo logra rescatar, a través de la pesca marina, unas 60.000 toneladas, que se reintegran al ciclo. Por el momento, la agricultura no corre peligro inmediato, dada la gran cantidad existente de rocas fosfatadas. Más peligroso es el aumento de contaminación por productos fosfatados, tal como se estudió en el primer capítulo.

Otros elementos están sujetos igualmente a la aceleración o descomposición de sus ciclos, como consecuencia de la actividad humana. Tanto la deforestación como la agricultura disminuyen muchos de los elementos traza, indispensables para la actividad de la vida. Apoyado en algunos ingeniosos experimentos, Nelson demostró en 1967 que la agricultura y la deforestación tienden a hacer cada vez más superficial la escorrentía, impidiendo la disolución de elementos básicos como el manganeso o el bario.

El impacto ambiental de la minería

Estas consideraciones acerca de los elementos utilizados como recursos nos llevan a analizar brevemente el impacto de la actividad minera. Es un aspecto de la crisis ambiental al que se no se le ha dado la importancia que tiene en el mundo contemporáneo. Unas pocas apreciaciones bastan para entender el gran impacto ambiental de esta actividad.

La extracción minera copa una décima parte de la energía consumida a nivel mundial y el material arrancado a la tierra supera la cantidad de toda la tierra erosionada anualmente. **Cada año más de medio millón de hectáreas son sometidas a la actividad minera**, de las cuales la tercera parte corresponde a la minería del carbón. Se calcula que en el último cuarto del presente siglo se someterán a extracción minera aproximadamente una 24 millones de hectáreas, una extensión igual a la mitad de España o Francia. Las regiones que han sido dedicadas durante la historia a la extracción minera, han acabado por ser total o parcialmente deforestadas. Por último, la

minería sigue contribuyendo en forma creciente a la contaminación de las aguas.

El impacto ambiental de la minería ha sido especialmente destructivo en los países del Tercer Mundo y en particular en América Latina, cuyo destino económico, desde el momento del descubrimiento, fue proporcionar los minerales exigidos por el desarrollo europeo. A pesar de que los países industrializados fueron un tiempo grandes productores de minerales, durante los últimos decenios viene disminuyendo su cuota en la extracción mundial. Estados Unidos, por ejemplo, agotó muchos de los minerales de su suelo, indispensables para la industria y en este momento depende de la importación de bauxita, de cromo, de níquel, de zinc y de otros minerales.

Dado que la actividad minera ha tenido menos control que otras actividades industriales, su impacto ha ido creciendo en forma preocupante. La mayor parte de las minas se hacen a cielo abierto y no a través de excavaciones subterráneas. Ello implica la deforestación y la destrucción del suelo y

la acumulación de desechos, lanzados generalmente a las fuentes de agua. El segundo efecto proviene de las escorias del material mismo, que pueden llegar a sumar hasta un 90% del material extraído y que se deposita en la superficie y puede llegar a contaminar las corrientes cercanas. En muchas ocasiones, cerca de una tercera parte del material está compuesto de residuos sulfurosos o de residuos de químicos orgánicos como el tolueno, que puede atacar el sistema nervioso.

La fundición que es el tercer estadio de la extracción del material produce también impactos serios tanto en la atmósfera, por la acumulación de ácidos sulfurosos, como por la dispersión de sustancias tóxicas como el plomo, el arsénico, el cadmio y otros metales pesados. Se estima que los residuos ácidos o tóxicos han contaminado más de 16.000 kilómetros de corrientes en la parte occidental de Estados Unidos.

Basta mencionar algunos de los casos más patéticos y conocido entre los impactos de la actividad minera. La minas de níquel en Ontario (Canadá) han acabado literalmente con 10.000 hectáreas. Las minerías de Montana han destruido la tierra y envenenado las aguas a lo largo de 220 kilómetros de las corrientes del Clark Fork River y sus tributarios. Recordemos igualmente la tragedia de las minas de cobre en Ilo-Locumbo en el Perú o en Malasia o la amenaza contra la selva amazónica que significan los nuevos proyectos brasileños de Carajás. Más cerca de nosotros es fácil visitar las regiones devastadas por la minería del bajo Cauca.

Desafortunadamente los costos de los minerales pueden ser tan bajos, no sólo por la injusticia en los términos de intercambio del comercio internacional, sino también porque los costos ambientales no han sido tasados. Los suelos permanecen desiertos y las aguas contaminadas y se ha hecho muy poco esfuerzo por remediar esta situación.

Basuras y contaminación

El segundo problema ambiental ocasionado por el consumo excesivo de recursos y la falta de reciclaje es la acumulación de basuras y la contaminación. Como vimos en el capítulo anterior, la contaminación se debe generalmente a concentraciones indebidas de algún elemento o compuesto en el tiempo o en el espacio. Ningún elemento es malo o dañino en sí mismo, sino por su concentración excesiva o porque está situado donde no le corresponde. La contaminación pro-

viene de la incapacidad de los sistemas tecnológicos para reciclar los materiales, tal como lo hace el ecosistema. En esto consiste uno de los mayores problemas ambientales.

Es muy posible que la especie humana y la mayor parte de los organismos vivos puedan seguir viviendo sin mercurio, sin cromo, sin níquel, sin plomo y sin cobre, pero lo que parece cada vez más difícil es que la vida pueda seguir siendo posible con los niveles de contaminación y de basuras que está alcanzando la civilización moderna. Los elementos que no se reutilizan, simplemente se desechan. Van a parar al canasto de basuras. Entran al ambiente y muchas veces se descomponen y penetran como inyecciones venenosas en la trama de la vida.

La contaminación con desechos ha sido un problema permanente del hombre a través de toda su historia, sobre todo en las culturas urbanas. Muchas de las pestes se han originado en el mal manejo de los desechos. Pero el problema se ha aumentado de manera dramática durante el último siglo. Uno de los problemas ambientales más preocupantes que se trataron en la pasada Conferencia de Rio de Janeiro fue el de la acumulación de basuras y el manejo inapropiado de los desechos peligrosos. En Estados Unidos se producen más de 200.000 millones toneladas métricas de basuras municipales por año y más de 600.000 millones de desperdicios industriales. Alemania produce una décima parte de estos guarismos. Son cifras gigantescas, pero mayores aun son los problemas. La producción de basuras crece a un a rata muy superior al aumento de la población. Se calcula que el promedio en Estados Unidos era de 441 kilos en 1963, cifra que ascendió a 662 en 1988.

La producción de basuras, aunque cambie de carácter de acuerdo con los materiales utilizados en la producción, sigue aumentando en la mayor parte de los países industrializados. Ello significa que el desperdicio crece más rápidamente que la población. En los últimos decenios ha venido aumentando el desperdicio de aluminio y plástico, los cuales han venido reemplazando a los materiales tradicionales como el vidrio o el acero.

Comparativamente los países en desarrollo producen muy pocos desperdicios, pero ellos son suficientes para crear en casa problemas de difícil solución. Un habitante de Nueva York vota de tres a cinco veces más basura que los habitantes de Calcuta o Sao Pablo. Sin embargo, Ciudad de México produce más de 16.000 toneladas diarias de basuras al día y Bogotá alcanza las 5.000. Cualquier ciudadano ha experimentado lo que significa el problema de las basuras en ciudades como Bogotá, Barranquilla o Cali e incluso en los pequeños municipios.

Durante los últimos años el problema de los países pobres se ve aumentado por el hecho de

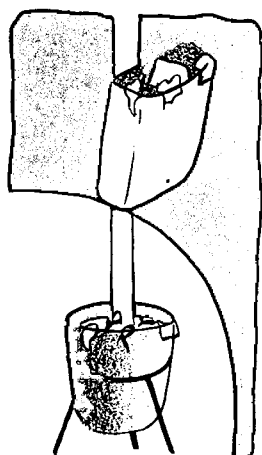
que los países industrializados los están utilizando como basureros de sus desperdicios tóxicos. Los países ricos no saben qué hacer con las basuras. Los rellenos sanitarios, a más de sus costos y del desperdicio de terreno, pueden ocasionar problemas de contaminación de aguas. Algunos países industrializados los están reemplazando por grandes crematorios o lo que es todavía mejor, por actividades de reciclaje. La cultura ha tenido que aprender a la fuerza del ecosistema. Japón no se puede dar el lujo de ocupar tierras en rellenos sanitarios. Por eso quema la mitad de sus basuras y recicla más de un 30%

La solución no se debe centrar en buscar dónde depositar las basuras, sino en no producirlas o en reciclarlas. La quema de los desechos puede considerarse una solución económica, pero no deja de ser un proceso destructivo de materiales y energía. A pesar de que los crematorios se utilizan como productores de energía, el reciclaje sigue siendo un método, no sólo más ambiental, sino más económico. Reciclar el papel puede significar un ahorro cinco veces mayor de energía que la lograda en la cremación.

Las posibilidades de reciclaje no son las mismas para todos los materiales de desecho, tanto por razones técnicas como económicas. El papel, por ejemplo, no puede reciclarse en forma indefinida, porque la fibra natural se va acortando en los mismos procesos de fabricación. El vidrio, el hierro y el aluminio son los materiales que han podido ser sometidos con más facilidad y menos costos, a los procesos de reciclaje.

Dado los efectos letales del plomo se ha intensificado enormemente su reciclaje, de tal manera que la industria estadounidense depende en este momento en un 73% de material reciclado.

Los cementerios industriales



En el capítulo pasado vimos algunos de los efectos de la contaminación proveniente del consumo de energía fósil. En este capítulo podemos añadir la contaminación proveniente de los residuos minerales y químicos que se utilizan sobretodo en los procesos industriales y que en vez de reciclarse, se arrojan a los grandes cementerios de basuras.

Además de bióxido de azufre, los automóviles lanzan partículas de bromo, cloro y caucho, entre otras. Los residuos industriales de Estados Unidos representan anualmente, en cifras aproximadas, 142 millones de toneladas de humo y otras emanaciones, 20 millones de toneladas de papel, 48.000 millones de envases metálicos y 200 billones de litros de agua caliente.

Los controles ambientales a la industria que se han venido incrementando en los países industrializados, han servido de aci-

cate para el traslado de las industrias más contaminantes, como las químicas, a los países subdesarrollados, en donde se considera que dichas normas atentan contra el debido desarrollo. Las peticiones por parte del Tercer Mundo para que las compañías transnacionales apliquen los mismos controles ambientales en sus filiales, no han tenido mucho éxito. En esta forma el proceso de industrialización del tercer mundo ha traído consigo un rápido proceso de contaminación, concentrada en los grandes centros urbanos. Insensiblemente ha ido desapareciendo la calidad del aire y del agua.

El valle de México, que era para Alfonso Reyes «la región más transparente», es ahora una inmensa olla podrida en donde es peligroso respirar y en donde se aconseja no hacer ejercicio en determinadas temporadas. Las pocas e imprecisas mediciones efectuadas durante los años setenta por la Red Panamericana de Muestreo (REDPANAIRE), dieron índices de acumulación de polvo y anhídrido sulfuroso, por encima de los niveles permitidos por la Organización Mundial de la Salud. México y Caracas, por ejemplo, presentan índices de acumulación de anhídrido sulfuroso que representan el doble de los admitidos por la OMS. Bogotá va por el mismo camino y Medellín ya ha logrado colocarse en los primeros puestos de contaminación a nivel mundial.

El frágil equilibrio del agua

No podemos analizar en este resumen la manera como la actividad humana ha venido modificando peligrosamente todos los ciclos de los elementos y de los compuestos que entran en la composición de la vida o que pueden afectarla de alguna manera. En el capítulo anterior estudiamos el caso del nitrógeno, por tratarse de un elemento utilizado sobretudo en la producción y consumo de energía. Ahora nos vamos a detener en el caso del agua, por ser este uno de los compuestos más importantes en la formación de los seres vivos.

El ciclo del agua es una de las bases esenciales de los sistemas vivos. Como vimos en el primer *CUADERNO*, el ciclo actual del agua es obra, al menos en parte, de la evolución misma de la vida y es la estructura de la vida la que colabora en su regulación. Puede decirse que el agua es parte de la vida. La atmósfera primitiva no tenía oxígeno, y, por lo tanto, carecía de agua. Era una atmósfera cargada de gases volcánicos. A lo largo de una prolongada evolución, la vida misma acumuló el oxígeno y reguló los ciclos del agua.

La actividad del hombre ha empezado a modificar este equilibrio. Como lo expresa Odum: *«La tendencia del hombre a aumentar la velocidad de la escorrentía puede reducir acaso muy pronto el compartimiento, muy importante, del agua del suelo. Deberíamos devolver más agua a los acuíferos, en lugar de almacenarla totalmente en lagos, donde la evaporación es alta.»* (Odum, 1985). Ya en los años setenta Estados Unidos consumía un 10% más de agua de la que le suministraba las precipitaciones pluviales. El agua empieza a contarse como uno de tantos recursos de necesaria importación. ¿Qué país estaría dispuesto a exportar agua y a qué precio?

El hombre está sometiendo cada vez más a su dominio el ciclo total del agua. Este es, sin duda, uno de los problemas ambientales básicos a lo largo de toda la historia, pero sobre todo, en la época actual. El ciclo, sin duda, puede ser alterado por el hombre y es posible que se puedan alcanzar nuevos equilibrios que no sean nocivos para el sistema vivo. La tecnología está intentando de hecho reemplazar la carencias que empiezan a notarse en el ciclo, incorporando agua desalinizada. La empresa es costosa y no se conocen suficientemente los ciclos del agua, para prever adecuadamente los impactos ambientales. «El hombre, dice Odum, no está preparado todavía para remedar el ciclo hidrológico global.»

Sin duda alguna, existen salidas tecnológicas para suplir la escasez del agua, pero estas salidas pueden tener consecuencias ecológicas irreversibles. La desalinización del agua de mar en pequeña escala tiene inconvenientes de poca monta, pero si se hace en escala industrial los peligros no se han medido todavía con suficiente sensatez. Habría que tener en cuenta por lo menos la contaminación proveniente por el alto gasto energético y la salinización de los suelos.

Igual prudencia requiere la utilización de los métodos tecnológicos para ocasionar la precipitación del agua. Estos métodos no aumentan el depósito, sino que lo utilizan en forma discriminada. La cantidad de agua que se inyecta en una región, es agua que se le está restando a las regiones vecinas. Mientras sembramos humedad, estamos produciendo simultáneamente desiertos.

El recurso agua en Latinoamérica es, sin duda, abundante y con ese criterio se manejó durante mucho tiempo en los organismos de planificación. Prácticamente se creía tener un recurso inagotable. La escorrentía

de América Latina constituye el 30% del total mundial. La población, sin embargo, está asentada y ejerce presión sobre las regiones que menos agua poseen. Las cuatro grandes cuencas, Amazonas, Paraná, Orinoco y Usumacinta, representan el 70% de la escorrentía pero sólo el 10% de la población. En Colombia casi la totalidad de la población está asentada sobre las cuencas del Magdalena y del Cauca, que ya no resisten un impacto mayor.

Ahora bien, si la presión en las zonas críticas, con 30% del recurso y 90% de la población ya es elevada, podría preguntarse lo que será en el año 2000 con una población duplicada y una producción cuatro ve-

ces mayor, si se tiene en cuenta sobre todo el bajo nivel de desarrollo tecnológico y la poca preparación política para transformar rápidamente la orientación antiecológica del desarrollo. Se estima que el uso de agua aumentará un 120% hasta el año 2000, mientras el uso industrial aumentará un 320%.

La capacidad de los embalses ha aumentado mil veces en Latinoamérica en lo que va corrido del siglo y las dos terceras partes se han construido en los últimos quince años. Las presas en construcción tomadas en conjunto en 1972 duplicaban la capacidad total de las construidas en el decenio anterior y tomadas individualmente tenían una capacidad promedio siete veces mayor que las anteriores.

El agua envenenada

El problema ambiental no se refiere solamente al agotamiento del recurso por la tendencia de la actividad humana a acelerar la velocidad de la escorrentía. Al mismo tiempo, el agua, cada vez más escasa, se está convirtiendo en elemento inservible para la mayoría de los usos humanos y para activar el proceso de la vida, debido a los niveles de contaminación. Una gran parte de los ríos y de los depósitos naturales y artificiales del planeta han sido contaminados durante el presente siglo. Estos niveles de envenenamiento no se habían registrado antes en la historia y son el producto del desarrollo moderno.

Basta con citar unos pocos ejemplos tomados al azar. El lago Erie, analizado por Commoner, y una de las mayores reservas de agua dulce del mundo, con un tamaño similar al de Gran Bretaña, se ha convertido

en una alcantarilla química, de la que ha huido toda la vida. El lago Michigan ha visto crecer a su lado 87 ciudades que lo han tomado como depósito de desperdicios. En algunas ocasiones las transformaciones han sido sorprendentemente rápidas. En el lago Constanza se pescaban más de 800 toneladas de pescado en 1956. Ocho años más tarde, la pesca había disminuido a 100 toneladas.

El río Sena tiene un contenido de oxígeno siete veces mayor antes de entrar a París. En 1900 albergaba todavía cincuenta especies de peces. Actualmente no se puede pescar. El Támesis otrora rico en salmones acabó produciendo sólo tubifex, ese gusano viscoso que se alimenta en aguas altamente contaminadas. En el último nivel de envenamiento están catalogados también algunos de los ríos europeos que atraviesan gran-

*El agua contaminada es
quizás una de las trampas
mortales más graves para
la salud humana y animal.*

des ciudades como el Meno, el Ruhr, el Saar, el Danubio y el Elba. Ya a finales de los años sesenta, el Rin, al pasar por Bonn arrastraba más de 34.000 toneladas de sustancias sólidas, 37.000 toneladas de detergentes y otras tantas de fósforo.

En el área metropolitana de Sao Pablo con sus 12,3 millones de habitantes, el sistema actual de alcantarillado alcanza a recoger sólo el 35% de las aguas servidas y ya esta cantidad alcanza para convertir los ríos Tamanduatei, Teite y Pinheiros en alcantarillas abiertas. Lo mismo puede decirse del río Esmeraldas o Macliangara en Ecuador, del río Bogotá, del río Maipo en Chile, del río Tula en la Ciudad de México, o del Riachuelo en Buenos Aires, etc. Son todos ellos cauces disminuidos o altamente contaminados. El tratamiento o reciclaje de aguas es todavía incipiente en Latinoamérica. En Sao Pablo, significa sólo el 4,5% del volumen total.

En Colombia los ríos se han venido muriendo durante los últimos cincuenta años. En 1950 todavía se podía pescar en el río Bogotá y con las inundaciones, la Sabana se cubría de cangrejos. Sólo queda el recuerdo en la memoria de las viejas generaciones. Lo mismo ha venido sucediendo con el río Medellín, el Cali y en último término con las dos grandes cuencas, la del Cauca y la del Magdalena, que han suministrado la vida al

país por tantos siglos. Los humedales se están literalmente muriendo, sea por contaminación, sea por desecación de las ciénagas y madre viejas.

También los detergentes que usan las amas de casa ayudan a deteriorar los procesos vivos del medio hídrico, al igual que los fertilizantes. Los nitratos y fosfatos sobrealimentan a las bacterias y a las algas. Estas, a su vez, ofrecen exceso de bióxido de carbono a las plantas, que acaban por asfixiar el ambiente. Ante la ausencia de oxígeno, los procesos anaeróbicos de las bacterias producen ese olor pestilente que emana del hidrógeno sulfuroso.

El veneno engendrado por estas actividades asciende por las cadenas tróficas hasta llegar al hombre. El agua contaminada es quizás una de las trampas mortales más graves para la salud humana y animal. El hombre es especialmente frágil frente a los venenos químicos y orgánicos. Se calcula que una cuarta parte de las enfermedades mundiales proviene del agua contaminada. El problema de la contaminación no es solamente una alarma para los ecólogos o una cifra para los economistas, sino también una amenaza para la vida. Esto no es necesario decirlo en los países afectados por el cólera.

La contaminación se concentra a medida que asciende la cadena de alimentos. Es el efecto que ha dado en llamarse **magnificación biológica**. Se puede describir diciendo que el veneno que entra en la cadena de detritus se concentra en los procesos de ingestión y reingestión. En esta forma muchas de las especies de aves de rapiña o los cangrejos están siendo eliminadas por la concentración progresiva del DDT. Los insecticidas clorados como el DDT afectan la formación de la cáscara de huevo. Las poblaciones que no mueran directamente por el insecticida, es porque no podrán nacer.

Remedios precarios

Sin duda alguna, a medida que ha ido creciendo la conciencia pública y política, se ha iniciado una verdadera lucha contra la contaminación del agua. Ello ha sido posible sobre todo en los países ricos, que se ven obligados a solucionar en parte un problema que moviliza la opinión pública. Durante los últimos años se ha logrado superar en forma notable la contaminación acuática en los países industrializados. En algunos ríos, como el Támesis, se ha restablecido parcialmente la vida. Pero el costo ha sido enorme. Se calcula que purificar 100 kilómetros de un río como el Rin podía costar en los años setenta más de cinco mil millones de dólares. Sin embargo, la purificación no elimina muchos de los residuos químicos que pueden afectar la salud humana y animal.

Otra cosa sucede en los países pobres agobiados por el pago de la deuda externa y por la necesidad de solucionar problemas urgentes. El gasto público en obras de descontaminación no resulta urgente para los organismos de planificación o para aquellos que deciden las prioridades del desarrollo. De esta manera la ciudadanía se ha tenido que ir acostumbrando a vivir junto a los cauces contaminados hasta que las grandes epidemias, como el cólera, resucitan la conciencia de los problemas ambientales.

En 1977 se celebró en Mar del Plata (Argentina) la Primera Conferencia Internacional sobre el Agua. Fueron expresados por primera vez los derechos de la población mundial al uso del agua potable y se estableció la década del ochenta como la década del agua potable y del saneamiento am-

biental. En conformidad con este dinamismo, el Comité del Agua de la CEPAL investigó, para los diferentes países, las metas que deben obtener a fin de lograr para 1990 abastecer de agua potable y saneamiento ambiental al menos a la población urbana.

La empresa es, sin duda, gigantesca, especialmente si tenemos en cuenta que en 1977 el total de la población servida con agua potable fue de 140 millones aproximadamente y de 108 millones para servicios de excretas. Ese número asciende a 269 y 238 millones, respectivamente, en 1990, lo que significa un monto total de inversión de 61.532 millones de dólares. Esta suma representa más del total del producto interno bruto de Argentina en 1980.

A pesar de los numerosos esfuerzos realizados, se puede concluir quizás que el desarrollo ha jugado en forma tramposa contra el principal recurso de la vida. La solución del problema no depende solamente de la buena voluntad ahorrativa de los ciudadanos comunes, ni de la energía de los gobiernos para proporcionar agua potable a una población creciente. Como veremos en el tercer *CUADERNO*, es indispensable replantearse el esquema global del desarrollo.

A los gobierno no les corresponde solamente abastecer de agua a ciudades cada vez más populosas, sino evitar que éstas crezcan en la forma caótica en que ha venido sucediendo. Un gobierno eficaz no es el que se compromete en grandes obras hidráulicas, recargando la deuda de los países pobres, sino el que busca alternativas tanto para cultivar el agua como para utilizarla de manera racional y descentralizada. Sin una descentralización del manejo del agua es ilusorio cualquier modelo de descentralización política. Uno de los objetivos básicos de cualquier reforma educativa debe ser la creación de una «cultura del agua».

PREGUNTAS Y PROBLEMAS AMBIENTALES

Como puede observarse por el contenido de este capítulo, el hombre tienen ante sí una inmensa responsabilidad: aprender a manejar adecuadamente los ciclos de la materia y evitar en esa forma la contaminación. Ello se deduce con claridad del presente análisis. Sin embargo, a través de la descripción somera que hemos hecho de los impactos ambientales, no queda claro si logrará hacerlo con las herramientas tecnológicas actualmente disponibles.

La pregunta fundamental que queda para el siguiente CUADERNO es si la respuesta tecnológica es suficiente. Tendríamos que preguntarnos ***¿qué intereses económicos y sociales están en juego?***, para poder lograr una verdadera revolución en los patrones de consumo y, por lo tanto, en las pautas que orienten los bienes y servicios que requiere el hombre.

También está de por medio la adscripción de responsabilidades frente al inmenso problema del agotamiento de los recursos y de la contaminación producida por los desechos. ***¿Cómo llegar a superar una civilización del desperdicio?*** Las soluciones requieren un análisis sereno del sistema social, de sus formas productivas, de la racionalidad o irracionalidad del consumo y del mundo simbólico que favorece el despilfarro de recursos. Quedan, por lo tanto, muchos ámbitos de investigación a nivel local. ***¿Cuáles son los productos básicos explotados o transformados en la región? ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación? ¿Hacia dónde se dispersa esa contaminación y qué regiones están siendo afectadas por la actividad local?***

Por otra parte, quedan muchas preguntas para el próximo CUADERNO: ***¿Es la contaminación un problema exclusivamente técnico? ¿Cómo entran en este análisis los otros niveles de la cultura como la reproducción económica o las formas de organización social y política?***

LA DESARTICULACION DE LAS CADENAS TROFICAS

El alimento del hombre y su impacto ambiental

La multiplicidad de la vida

En el primer *CUADERNO* estudiamos la manera como se organizan las relaciones alimentarias entre los seres vivos. Las plantas verdes y las algas introducen la energía del sol y la acumulan en un gran depósito de energía orgánica, que sirve para transmitir la vida a todo el sistema. Los hervíboros recogen la energía de las plantas y la transmiten a los carnívoros. El alimento es, por lo tanto, una manera de transmitir la energía a través de los escalones de la gran pirámide de la vida.

Antes de la aparición de la especie humana, la tendencia de la evolución había sido la construcción de sistemas de vida cada vez más complejos. Durante los seiscientos millones de años que ha durado la evolución de las especies pluricelulares, los nichos ecológicos se multiplicaron, adaptándose a las distintas condiciones climáticas. El resultado es la inmensa variedad actual de los sistemas vivos.

Aproximadamente un millón y medio de especies vivas han sido descritas, pero el número de las existentes posiblemente supera los cinco millones. Por su parte, cada especie es el reservorio de multitud de genes. Una bacteria puede tener mil genes, y algunas plantas pueden contar con medio millón. Cada especie se multiplica dentro de un abanico de posibilidades. Se ha calculado que cada generación de hormigas puede llegar a cubrir la tierra con un ejército de organismos de 10^{15} , una cifra que es más cómodo no escribir.

Por supuesto, no todas las zonas de vida presentan la misma riqueza de resultados biológicos. Como vimos en el primer *CUADERNO*, la biodiversidad de una zona depende de los márgenes de posibilidades ofrecidos por el medio geográfico. Desde los desiertos hasta el bosque tropical húmedo

Las masas boscosas

contienen trece veces más

biomasa que la tundra y

veinte veces

más que los desiertos.

existe una gama de posibilidades de adaptación para el florecimiento de la vida. Las zonas húmedas del trópico representan quizás el clímax de la biodiversidad. A pesar de ocupar sólo el 7% de la superficie terrestre, contienen más de la mitad de las especies del planeta.

La textura de la vida es también diferente en los distintos biomas. Mientras que en los desiertos, la biomasa se concentra sobretudo en las raíces, con el objeto de captar la escasa agua subyacente, en los bosques percederos el 75% de la biomasa está concentrada en los troncos y las ramas, a fin de competir por la luz. Las masas boscosas contienen trece veces más biomasa que la tundra y veinte veces más que los desiertos.

A pesar de que las zonas secas puedan parecer despreciables en el conjunto de los sistemas vivos, parte del material genético que ha sustentado la vida del hombre proviene de ellas. Se pueden citar varios ejemplos: el trigo, el sorgo y la cebada. Los ecosistemas de tierras secas se han adaptado maravillosamente a la escasez de agua, en condiciones naturales, desarrollando ciclos cortos de vida, con plantas pulposas. Gracias a ello, mantienen el equilibrio energético que se rompe con mucha facilidad por la intervención del hombre. El 30% de las tierras emergidas del planeta se pueden contar entre las llamadas «secas» y en ellas viven 700 millones de habitantes.

¿En qué consiste el problema ambiental desde esta perspectiva? Al contrario de la estrategia utilizada por la evolución en la conformación de los ecosistemas, los sistemas tecnológicos tienden a la eficacia por la simplificación, es decir, por la disminución de especies y la mayor eficacia y rentabilidad de las mismas. Todo el esfuerzo del hombre, desde el neolítico ha tendido hacia ese objetivo. El hombre tiende a reemplazar la inmensa diversidad de las especies, por aquellas que puede utilizar en su alimentación o en su industria. Para cultivar estas especies domesticadas, sean vegetales o animales, el hombre necesita los recursos de suelo, agua y nutrientes. Existe, por lo tanto, una verdadera competencia entre los ecosistemas y los sistemas culturales organizados por el hombre. Ambos dependen de los mismos recursos.

Como vimos en el primer *CUADERNO*, «la naturaleza lleva al máximo la producción bruta, en tanto que el hombre lleva al máximo la producción neta» (Odum). El problema ambiental, en sus relaciones con el presente capítulo, se puede resumir en esa frase. Con la ayuda de subsidios de energía (petróleo y carbón fundamentalmente) incorporados al sistema vivo, el hombre reduce los consumos tanto autotrófico como heterotrófico, aumentando la producción neta, con el objeto de captar la cosecha que puede servirle para la satisfacción de sus necesidades. Como puede

verse, el problema ambiental en este caso surge de un manejo tecnológico de las corrientes de energía, que influyen sobre las variaciones genéticas, tal como se comentó en el primer capítulo.

El hombre transforma también la estructura de la biomasa. Una de las finalidades del mejoramiento genético de las plantas cultivadas es aumentar la cosecha de las partes comestibles de la planta, especialmente de los granos. El aumento del volumen en el grano de trigo y en muchas de las otras plantas mejoradas, ha significado una disminución de la paja y de otras partes que formaban un cierto equilibrio en el intercambio de nutrientes en las especies no domesticadas.

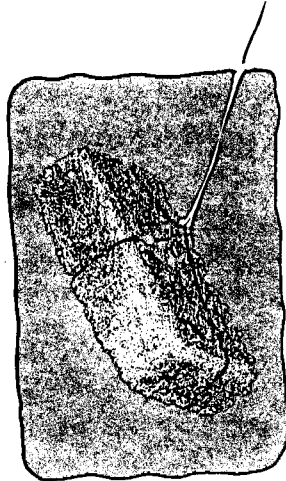
El problema ambiental se podría ver desde otra perspectiva. Si se considera la cantidad anual de calorías que requiere toda la población humana, o la producción total agropecuaria, se puede llegar fácilmente a cálculos sobre el porcentaje de fotosíntesis y producción neta que el hombre acapara para sí. En 1967 se cosecharon 5,310¹⁵ kilocalorías de alimentos para el consumo humano. Ello significa solamente el 1% de la producción primaria bruta de toda la biosfera. A esta cantidad hay que añadir la alimentación que el hombre cosecha para sus animales domésticos que consumen cinco veces el alimento de los seres humanos. La especie humana ha acaparado, por tanto, aproximadamente el 6% de la producción neta de la biosfera. No se incluye en este cálculo el consumo de madera, algodón y otros materiales vivos necesarios para la industria.

El hombre sigue dependiendo del suelo, pero éste es cada día más escaso. La proporción suelo-hombre es difícil de establecer, porque evidentemente este cálculo depende de las condiciones tecnológicas y sociales. Podemos tomar como ejemplo una de las naciones que más ha avanzado en la tecnificación de los procesos agrarios. Se calcula que

a final del presente siglo Estados Unidos tendrá dos habitantes por hectárea. Si queremos alimentarlos con la dieta actual de Estados Unidos se requerirá 0.60 hectáreas y 0.40 hectáreas para abastecerlo con los requisitos básicos de papel, vestido, madera y otros recursos indispensables. Las carreteras, ciudades y demás construcciones coparán 0.20 hectáreas y sólo restarán 0.80 hectáreas para bosques, ríos, parques y, por lo tanto, para las demás especies no domesticadas por el hombre. En 1970, la densidad de la población humana, contando sus animales domésticos, era de 0,7 hectáreas por unidad de población. ¿Qué espacio está quedando, por tanto, para el resto de las especies? La conclusión que dejan estos cálculos es de nuevo, que el hombre está corriendo el peligro de quedarse sólo con sus animales domésticos.

La densidad de población es especialmente peligrosa en el caso de los bovinos y otras especies de herbívoros utilizados por el hombre en su dieta o en otros usos culturales. Como veremos en los siguientes *CUADERNOS*, la dieta cárnica ha sido uno de los límites de estabilidad para muchas de las culturas. El acceso a la carne tiene límites ambientales, que se traspasan con facilidad. Cuando la dieta cárnica no alcanza para todos los habitantes, comienza generalmente un proceso de elitización de la cultura, que es el resultado de la elitización de la dieta de carne. Sobra decir que está sucediendo lo mismo en la actualidad.

Ello como se puede suponer repercute sobre los biomas de las praderas. Odum afirma con énfasis que «el hombre parece poseer un don desgraciado para abusar de los recursos de la pradera. Una serie



de civilizaciones venidas a menos en las regiones de pradera del mundo antiguo subsisten como testimonio mudo de este hecho». En efecto, una de las actividades en las que ha predominado más la racionalidad económica, por encima o en contra de la racionalidad ecológica, es la concerniente al uso de las praderas. El pastoreo excesivo es una de las principales razones de los procesos de desertificación.

El pastoreo excesivo ocasiona, no sólo la disminución en la calidad del producto cárnico, sino igualmente el progresivo deterioro del bioma. Tan pronto como empiezan a desaparecer las plantas «reductoras», la pradera empieza a ser invadida por hierbas y arbustos cada vez menos aptas para la alimentación del ganado, como la artemisa o el mezquite, que significan el principio de la desertificación. Con estas especies se multiplican los roedores y los saltamontes, que el ganadero toma fácilmente como la causa del deterioro. Al atacarlos, sólo está combatiendo los síntomas. A más de esto, la densidad poblacional del ganado empieza a compactar el suelo, lo que reduce sus capacidad de aireación y de drenaje.

El paso del nivel primario de vegetal al segundo escalón de los herbívoros es un negocio regular considerado desde el punto de vista energético. La civilización de la hamburguesa ha significado la praderización de extensas regiones, muchas veces a costa del bosque húmedo tropical. La consecuencia ha sido una homogenización progresiva del paisaje y la pérdida de la biodiversidad. Odum lo plantea en estos términos: «*La carne desaparecerá o se verá muy reducida en la dieta del hombre si éste no ejerce su opción de controlar el crecimiento de su propia población*» (Odum, pag. 68). Sería oportuno añadir que es necesario ejercer un control mayor sobre la gula proteínica de algunos países.

El alimento del hombre

y su impacto ecológico

La agricultura no es más que la selección, por parte del hombre, de algunas especies útiles para la satisfacción de sus necesidades sociales, tales como el alimento, el vestido o la industria. Al seleccionarlas, las prefiere sobre otras especies que conviven dentro de una comunidad vegetal. Como vimos, las plantas viven en asociaciones, en la que cada una cumple su propia función. Cuando el hombre inventa la agricultura y empieza a seleccionar las plantas que necesita para su subsistencia, tiene que suprimir las otras especies vegetales que compiten en alimento con la especie seleccionada. A estas especies empezará a llamarlas «maleza», un término que no tiene un significado muy claro dentro del ecosistema, en donde cada especie cumple una función en la conservación del equilibrio global.

Al mismo tiempo, al multiplicar una de las especies, el hombre está ofreciendo alimento a los organismos que se alimentan de ella. En esta forma el hombre rompe el equilibrio poblacional del ecosistema. La especie que encuentra cada vez más alimento de manera imprevista, se multiplica rápidamente. Aparece una nueva competencia para el hombre dentro de la escala alimenticia, a la que éste le dará el despreciativo nombre de «plaga», término que tampoco puede aplicarse al ecosistema. Es un término cultural. Como vimos en el primer *CUADERNO*, la población de algunas especies puede sufrir variaciones momentáneas de densidad, que pronto se regulan por mecanismos biológicos o conductuales. A esas alteraciones difícilmente puede dárseles el nombre de «plagas».

La domesticación de los animales tiene efectos similares a la selección de los vegeta-

les. La mayor parte de las especies domesticadas por el hombre son herbívoras y cumplen con una serie de condiciones que le son de gran utilidad. Ante todo, no compiten por el alimento humano, sino que más bien transforman el pasto, que el hombre no puede asimilar, en proteína. En segundo lugar, el hombre puede utilizar la fuerza de los animales domesticados, para utilizarla en las labores que hubiese tenido que realizar él.

Es cierto que cuando todavía era cazador se consiguió un amigo fiel que lo ha acompañado hasta el presente. El perro le servía para sus faenas de caza. Fue el único carnívoro que domesticó fuera de los gatos, que los antiguos egipcios llevaban todavía pequeños a los hijos de los faraones para que se divirtiesen en sus ratos de ocio. La domesticación de los carnívoros no resultaba «negocio» para el hombre. Hay que alimentarlos con carne, para comer carne. Por ello prefirió domesticar los grandes hervívoros: el caballo, la vaca, el camello.

Al domesticar los animales, el hombre se tiene que encargar de su alimentación, o sea, que tiene que aumentar las praderas a expensas de los bosques. La población humana o sus necesidades no crecen solas. Esto es algo que suelen olvidar con frecuencia los demógrafos. Al mismo tiempo crece la población de sus animales domésticos. Por cada cabeza humana hay que contar una cabeza de vacuno.

La actividad agropecuaria significa, por lo tanto, necesariamente, una transformación substancial de las leyes del ecosistema. Ello siempre ha sido así, al menos desde el neolítico. Como veremos en el cuarto *CUADERNO*, muchas de los problemas ambientales de las culturas pasadas se debieron a la actividad agropecuaria. Más aún, esta actividad puede considerarse tal vez como una de las causas de las transformaciones ecosistémicas y culturales del pasado.

Los problemas se han multiplicado con la revolución de la agricultura moderna y las consecuencias empiezan a preocupar al hombre. Para medir el impacto ambiental de la actividad agropecuaria, es necesario tener en cuenta por los menos dos factores: la extensión de los cultivos y la intensificación de la producción agrícola.

Ante todo hay que tener en cuenta que la extensión de la tierra disponible para cultivo no es ilimitada. Los cálculos que se realizan son muy dispares y en ocasiones carecen de proporciones realistas. Algunos creen que es posible cultivar el 50% (Baade) o el 70% (Malin) de la tierra firme. En América Latina, según dichos cálculos, se podría aumentar nueve veces la tierra actualmente cultivada y cinco veces en Asia. Si se tiene en cuenta que la mayor parte de estas tierras están situadas en los bosques húmedos, los cálculos físicos no pasan de ser meras suposiciones con poco empalme en la realidad socioeconómica y, sobre todo, con muy poca visión de las consecuencias ecológicas que traería dicha ampliación y que se analizarán más adelante.

A pesar de las extensas áreas abiertas al cultivo durante el presente siglo, la mayor parte del aumento cuantitativo de la producción es el resultado de la agricultura intensiva. Simplemente a la tierra se le ha hecho trabajar más con subsidios energéticos cada

vez mayores. En los últimos treinta y cinco años aumentó nueve veces el uso de fertilizantes, treinta y dos veces el de pesticidas y se duplicó la extensión de áreas irrigadas.

Tanto la ampliación indiscriminada de la frontera agrícola como la intensificación tecnológica de la agricultura trae consigo distorsiones sociales y costos ecológicos que es necesario tomar en consideración, al igual que los costos económicos.

Como veremos en el tercer *CUADERNO*, las consecuencias sociales están íntimamente ligadas a los costos ecológicos. La drástica transformación de los ecosistemas es una consecuencia visible de los procesos sociales. La historia de la tierra está ligada a la historia del hombre. Reduzcámonos por el momento a la enumeración de los impactos ecológicos. La ampliación de la frontera agrícola se hace preferentemente sobre el bosque tropical húmedo o sobre las regiones de páramo, ambas poco aptas para la actividad agrícola.

Como se vio en el primer *CUADERNO* la frondosidad del bosque tropical está sostenida por un suelo poco fértil. El ciclo de los materiales orgánicos se mantiene en la biomasa en una proporción mucho mayor que en los bosques templados. Una vez talado el bosque, la madera se lleva consigo la fertilidad y el suelo sólo podría ser recuperado con altos subsidios energéticos. Por su parte, la vegetación de los páramos está diseñada como una gigantesca esponja de absorción de la humedad y la actividad humana. El colonizador puede deteriorar gravemente los ciclos del agua.

Los problemas ambientales no se reducen a la extensión de los cultivos, sino a las consecuencias de la misma actividad agraria asentada ya de tiempo atrás. En este renglón hay que tener en cuenta tanto los procesos de erosión ocasionados por el mal uso agrícola o por el sobre pastoreo, especialmente graves en la India, como la salinización de las tierras, preocupante especialmente en Pakistán. La salinidad, la alcalinidad y el anegamiento cu-

brían en 1975 un 50% de las tierras de regadío en los países el Tercer Mundo. Puede decirse quizás que el hombre, mientras abre nuevas tierras al cultivo agrícola, va dejando tras de sí un desolado manto de erosión. La desertificación avanza a un ritmo preocupante de seis millones de hectáreas al año y dos mil millones de hectáreas están clasificadas como de alto riesgo.

Por otra parte, la agricultura intensiva, que es sin duda una de las aventuras tecnológicas más importantes del hombre, lleva consigo sus propios gérmenes de destrucción. Al imponer el monocultivo, está amenazando la variedad genética y al mismo tiempo, o por esa misma razón, está fortificando los gérmenes patógenos. Al acortar las cadenas tróficas, desorganiza las leyes que regulan el equilibrio poblacional de las mismas.

La plaga es un enemigo real del hombre y de su producción. A ellas se debe, en efecto, la pérdida del 30% de las cosechas mundiales. Es la lucha por la alimentación entre el hombre y las otras especies (insectos, aves, nemátodos, etc.). Las especies han aprendido a defenderse genéticamente contra los pesticidas. La supersimplificación de los ecosistemas destabilizó los mecanismos naturales.

La agricultura moderna acaba con los controles biológicos y las plagas van creando defensas orgánicas contra los químicos que vinieron a substituir a los predadores naturales. Por otra parte, los plaguicidas infectan las corrientes de agua y cuenca abajo van desorganizando los ecosistemas. Además de esto, el hombre mismo se encarga de dispersar las simientes de las especies que perjudican su producción. El cincuenta por ciento de las 180 plagas principales que perjudican la producción de Estados Unidos, ha sido importado, como el hongo que acabó con los hermosos castaños de la costa oriental.

La eficacia de los biocidas, pero también su poder destructor, ha ido creciendo con la modernización de la agricultura. En 1967, Carrol Williams contaba ya tres generaciones

de pesticidas. La primera, compuesta por arsenicales, servía para controlar las granjas diversificadas de nuestros abuelos. La segunda generación de venenos de amplio espectro como los organofosfatos y organoclorados aparecieron como la solución tecnológica indiscutible del futuro. Su efecto fue tan devastador que muchos de ellos, como el DDT, han tenido que ser prohibidos o restringidos en su uso. Rachel Carson dio la voz de alerta contra los graves impactos que esta segunda generación estaba causando sobre el sistema vivo.

Retrospectivamente podemos considerar que los insectos ganaron este segundo round. El veneno se volvió contra los vertebrados y contra el hombre mismo, dado el efecto nocivo de los hidrocarburos clorados sobre el sistema nervioso y la hormona sexual. Destruye con facilidad las larvas y rebaja la capacidad de la fotosíntesis. Este veneno viaja con facilidad porque puede adherirse fácilmente a las gotas de agua. En esta forma, ha llegado hasta la cercanía de los polos. Los efectos nocivos de los pesticidas fueron encontrados en residuos de pingüinos del Antártico.

Los países industrializados disminuyeron desde la década del 60 los insecticidas organoclorados que fueron exportados hacia los países en desarrollo. Esta lucha ha costado al hombre. Aproximadamente el 50% de los costos de los nuevos pesticidas han sido producidos por la exigencia ambiental. De 10.000 pesticidas sintetizados en Inglaterra en 1976, sólo uno resulta comercial sea por su efectividad contra la inmunización genética, sea por los efectos colaterales nocivos.

Los graves impactos producidos por los pesticidas de amplio espectro han dado paso a la tercera generación, compuesta por insecticidas de espectro restringido y, por último, al control biológico. El hombre ha tenido que imitar de nuevo los mecanismos reguladores del ecosistema, para acercarse al equilibrio diseñado por la evolución. A estos procesos de la tercera generación se le ha dado el nombre de **control integrado de plagas**, el cual puede incluir el empleo de pesticidas de espectro restringido y de impacto suave, pero se basa esencialmente en el control biológico y en prácticas culturales.

La segunda arma de la agricultura moderna han sido los **herbicidas**. Se empezaron a utilizar durante la Segunda Guerra Mundial para despejar los caminos y posteriormente se utilizaron en gran escala en la Guerra de Vietnam, para sacar al enemigo de sus escondrijos. Aproximadamente el diez por ciento de la totalidad del país fue rociado con veneno. Los venenos fueron ante todo un arma de guerra. Su uso se ha desplazado en forma masiva a la agricultura.

Los herbicidas pueden impedir la fotosíntesis o pueden producir la defoliación o una especie de cáncer que interfiere la transmisión del alimento a través del floema o tubo alimenticio de las plantas. El efecto sobre el ecosistema ha sido estudiado especialmente en Vietnam, dada la extensión de la aspersión aérea. El uso de dos de los herbicidas utilizados en Vietnam, el picloram y el ácido cacodílico, están expresamente prohibido en Estados Unidos, debido a su persistencia en los suelos.

La agricultura industrializada está basada en grandes subsidios energéticos. El hombre ha hecho, sin duda alguna, mucho más eficiente la producción, pero para ello ha tenido que aumentar considerable-

mente los flujos de energía. Sin embargo, el aumento de la producción no es proporcional al aumento del subsidio energético. La proporción entre aumento de producción y subsidio energético puede ser del orden de 1:25. Ello significa que si Japón ha podido cuadruplicar la producción por hectárea, con relación al cultivo tradicional que aplica sólo la energía humana y animal, ha tenido que aplicar cien veces más energía y recursos. Por esta razón, la agricultura moderna es una de las causas principales de contaminación.

Estas graves consecuencias ecológicas que trae consigo la agricultura intensiva han puesto en alerta a los países industrializados, sobre todo después de la alarma que significó el libro de Rachel Carson «La Primavera Silenciosa». Sin embargo, la revolución verde de los países en desarrollo tiende a olvidar esta negativa experiencia y avanza con un optimismo tanto más ingenuo cuanto que recae sobre suelos más frágiles.

La pérdida irrecuperable del suelo

La última consecuencia y quizás la más devastadora de todas, se ejerce sobre el suelo. Como vimos en el primer *CUADERNO*, el suelo es no sólo un soporte de las plantas, sino un verdadero elemento del sistema vivo. Es, para decirlo más apropiadamente, la franja de transición entre la roca inerte y la vida. Participa intensamente de los procesos, de tal manera que se puede decir que es un producto de la vida y que sus ciclos son regulados por el sistema. Aunque la composición física y química del suelo varía en los diferentes biomas, se puede decir que el suelo es un acumulado de energía mayor que la fitomasa, retentor de los elementos vitales para la vida (carbón, nitrógeno, fósforo, sulfuro, calcio, potasio, etc.).

El impacto de todas la actividades descritas en el capítulo anterior sobre el suelo está trayendo incalculables consecuencias sobre la estabilidad y conservación del mismo. «El hombre, como dice Leopold, no parece estar en condiciones de comprender un sistema que no ha creado él mismo». Cuando se produce, la pérdida del suelo es prácticamente irreversible, en un proceso natural no intervenido. La recuperación de una capa de un centímetro de suelo podría durar de 200 a 1.000 años.

*La recuperación de
una capa de un centímetro
de suelo podría
durar de 200 a
1.000 años.*

La degradación del suelo, que es el aspecto que más nos interesa, es causada por erosión, salinización o alcalinización pero, sin duda, la erosión representará la más grave amenaza a nivel mundial. El 42% de la degradación del suelo se debe a erosión acuática. Más de 50.000 Km² se pierden para la productividad cada año a nivel mundial. Aunque parte de la erosión ocurre por causas naturales, la actividad humana ha aumentado en 2.5 veces el fenómeno. Aproximadamente 25 billones de toneladas de suelo son transportadas cada año por los ríos al fondo inservible del océano. La alcalinización y salinización del suelo no son tampoco fenómenos despreciables. Han agotado los suelos del Medio Oriente y en América Latina amenazan sobre todo algunas regiones de México y Haití.

A nivel mundial, las tierras abandonadas por salinización equivalen aproximadamente a la extensión de tierras incorporadas a la agricultura. Como consecuencia de estos fenómenos, la desertificación avanza peligrosamente en todo el mundo, cubriendo un área anual aproximada de 60.000 Km². Habría que añadir unos 30.000 Km² que se perdieron para la agricultura durante la década anterior por urbanización, apertura de carreteras, etc.

La productividad agrícola ha tenido que prescindir de la extensión, para intensificar la producción por hectárea a base de nutrientes. El aumento de los fertilizantes ha sido explosivo. Esta necesidad de dotar al suelo de algunos elementos que permitieran una mayor productividad, frecuentemente se debía a una utili-

zación inadecuada del mismo. En México la utilización del nitrógeno aumentó más del 300% en la década del 60 al 70. Como las plantas sólo utilizan un 50% de los fertilizantes, la conversión del resto en nitratos poluciona la tierra y el agua.

Por otra parte, como dijimos antes, el área cultivada a nivel mundial no es fácilmente ampliable sino en aproximadamente 3 billones de hectáreas hasta el año 2.000 y la mayor parte de esas tierras pertenecen al trópico húmedo, cuyas delicadas condiciones naturales no lo hacen apto para la actividad agropecuaria.

La situación en América Latina no es tan dramática como en otros continentes (el 77% de la descarga de sedimentos al océano viene de Asia). Sin embargo, requiere atención por la fragilidad de los suelos tropicales que forman la mayor parte del área. Del total del suelo sólo el 20% es potencialmente agrícola. Sobre esta área restringida, la erosión puede calificarse como grave. El 45% de las tierras sufren algún grado de erosión. El 30% de la rica Sabana de Bogotá sufría de grave erosión en 1963. En Argentina, que representa un nivel patológico, el 90% de la tierra arable sufre algún grado de erosión, y Chile sigue a ese país con un 80%.

Los desiertos también se extienden, no sólo en las tierras semiáridas que ocupan ya 385 millones de hectáreas sino en las tierras abiertas completamente a la arena del desierto como en el nordeste del Brasil, en Salba (Argentina), en el norte de Chile y, sobre todo, en México (Baja California, Sonora, Cahuila y Tamaulipas). En Colombia, el desierto de la Guajira se está extendiendo a lo largo de los valles de los ríos Ranchería y Cesar. Las tierras eriales cubrirán el 18% del total de América Latina para el año 2.000 mientras la desertificación afecta el 20% actualmente.

La salinización también representa un porcentaje significativo que en México ha cubierto el 12% de las tierras irrigadas y en Sudamérica el 7,6% del total. En Argentina se estima en 85 millones de hectáreas y en Paraguay 20 millones.

El agotamiento del suelo por mal uso (sobrepastoreo o monocultivo) ha disminuido también significativamente la productividad. En

Araucania, por ejemplo, la productividad descendió de 55.000 Kg de cereal por hectárea a 6.000 en un lapso de cuarenta años. En esta forma se ha destruido el «granero» de Chile. Sin embargo, el monocultivo se ha incrementado sobre todo en razón de las exigencias asignadas por el mercado internacional. Se estima que una tercera parte de la tierra cultivable de Chile ha venido siendo sobreexplotada durante la década.

Por otra parte, la mecanización de las tierras agrícolas y la consiguiente expulsión de mano de obra ha incidido en la apertura irracional del área cultivable haciendo presión a través del proceso colonizador en tierras de vocación eminentemente forestal y de suelos hábiles como los de la Amazonia. Es significativo el caso del Caquetá en Colombia, donde la deforestación y el uso irracional del suelo han traído consecuencias ecológicas y sociales lamentables.

En los últimos cinco años más de cuatro millones de hectáreas han sido arrancadas a la selva en la América Tropical. Para el año 2000 se estima que el área boscosa se habrá reducido en una tercera parte de la cobertura actual. La zona Sudamericana del Cono Sur, vulnerable a la desertificación se extiende a más de dos millones de kilómetros cuadrados y abarca el 60% del territorio argentino y chileno y el 25% del territorio peruano, o sea en las áreas de inmersión térmica del Pacífico y el área de subsidencia de la vertiente oriental de los Andes. En esta región efectivamente ha ido descendiendo la productividad por la excesiva presión sobre el suelo, especialmente por sobrepastoreo. La zona total de las dos Américas vulnerable supera los 15 millones de kilómetros cuadrados.

La pérdida de la biodiversidad

Otro de los problemas ambientales que ocupan la conciencia moderna es el relacionado con la desaparición de la diversidad biológica. Según Wilson (1988), es uno de los aspectos menos estudiados. Sin embargo, algunos cálculos realizados por el mismo Wilson pueden acercarse a un estimativo probable de lo que significa la pérdida de especies debida al desarrollo moderno. A través de un complicado modelo interpretativo, este autor llega a la conclusión de que en la actualidad se pueden estar perdiendo más de 17.000 especies al año, lo que significa aproximadamente una de cada mil especies. Teniendo en cuenta el poco conocimiento que se tiene



sobre la cantidad de especies existentes y sobre los procesos de regeneración, estos cálculos son muy difíciles de establecer y varían mucho de un autor a otro (Lugo, 1988). Aunque la diferencia entre los diversos autores aparezca enorme, en cualquiera de las hipótesis el futuro de la vida es sombrío. El Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) ha reunido una lista de 840 especies amenazadas de extinción.

Una impresión parecida se puede tener al analizar la manera como se ha venido intensificado la tasa de destrucción durante los últimos decenios. Hasta 1800 desaparecía aproximadamente una especie de mamíferos cada cincuenta años. Desde principios del siglo pasado, este ritmo aumentó a una especie anual, en promedio, lo que significa que en este momento se ha sobrepasado con creces esta tasa de destrucción. Los cálculos del ecólogo Talbot son pesimistas. En los últimos 150 años, el exterminio de mamíferos aumentó 55 veces, lo que significa que a ese ritmo, a las cuatro mil especies que restan, les quedan solamente 30 años de vida. ¿Será que el hombre tendrá que quedarse exclusivamente con las especies domesticadas? Es casi seguro que estas especies que el hombre ha introducido dentro de su equilibrio tecnológico, no podrán conservarse mucho tiempo, sin el sustento de la biodiversidad.

Lo mismo puede decirse en relación con la flora. En Estado Unidos, antes de iniciarse el

desarrollo moderno, los bosques cubrían una extensión de 170 millones de hectáreas, que en el presente quedaron reducidas a ocho millones. Se puede suponer la manera como se redujo la biodiversidad durante este proceso de colonización. Las torcaces y los bisontes prácticamente desaparecieron y su memoria se conserva porque le eran útiles al hombre. Cuántas especies perecieron sin que ni siquiera se les diera un nombre. Se calcula que el número de palomas existentes en Estados Unidos en 1800 podía acercarse a los 5.000 millones y en 1914, en vísperas de la Primera Guerra Mundial, era abatida la última de ellas. Las zonas dedicadas a la agricultura y al pastoreo se han duplicado en Centro América, en los últimos treinta años a expensas del bosque natural. De 1962 a 1985 se espera que, por lo menos, 325.000 Km² sean deforestados en Latinoamérica para usos agrícolas y pecuarios.

Cualquier escéptico podría argumentar que las especies vienen desapareciendo desde la aparición misma de la vida. Sin embargo, los cálculos hechos estiman que la reducción de las especies durante las épocas anteriores a la intervención del hombre no pasaban de una por millón o por diez millones al año. Quiere decir que la actividad humana ha intensificado el proceso entre mil y diez mil veces.

Los cataclismos anteriores al hombre significaron por lo general nuevos caminos evolutivos y no la pérdida progresiva de la biodiversidad. Al parecer, ningún cataclismo o fenómeno natural atenta propiamente contra la biodiversidad. La vida se recompone de acuerdo con las condiciones del medio.

El costo de la destrucción

Se podrá preguntar cuál es el costo que se está pagando por la pérdida de la biodiversidad. Es difícil de estimar en cifras económicas, pero **el costo puede ser la vida misma**. Esta es una trama que se sostiene gracias a la biodiversidad. Sin embargo, la subsistencia y el desarrollo del hombre sólo ocupan una franja mínima de esa biodiversidad. Lo demás no entra en sus cálculos económicos. Lo que puede preguntarse es si la plataforma que el hombre se ha fabricado puede mantenerse, sin el frondoso escenario de la vida.

Por otra parte, el desarrollo se basa en los descubrimientos científicos que estudian las posibilidades ofrecidas por especies, muchas veces exóticas o desconocidas. ¿Qué hubiera sucedido con los cultivos europeos de vides, si no hubieran sido protegidos con el cruce de las especies americanas, cuando fueron atacados por la phylloxera? Por otra parte, muchas especies de ganado o de aves de corral se hallan amenazadas de extinción, si no se protegen con genes recogidos de las especies no domesticadas aún.

Las investigaciones dirigidas a encontrar y controlar los usos farmacéuticos de las plantas y animales son todavía muy escasas. Algunas civilizaciones indígenas avanzaron mucho más en ese campo a pesar de que no habían llegado a los modelos abstractos de la química. En América Latina queda mucho por recuperar de esos conocimientos. A pesar de la falta de investigación, parece que en Estados Unidos el 40% de las drogas proceden o contienen fármacos naturales, sea de plantas (25%), de animales (3%) o de microbios (13%). La penicilina moderna se basó en un descubrimiento científico del hongo producido por la putrefacción del pan.

Las especies que se consideran maleza o sin importancia se pueden convertir en estratégicas para el desarrollo. El armadillo, por ejemplo, es la única especie, fuera del hombre, que contrae la lepra y está siendo sometido a intensas investigaciones y el pelo del oso polar resultó ser un maravilloso captador de energía. Sería trágico que se destruyera la riqueza de la flora y de la fauna tropical antes o después de extraerles sus secretos, tanto en lo que se refiere a sus formas de reproducción como a sus formas de adaptación al ambiente.

Los bancos genéticos son, por lo tanto, el depósito indispensable del futuro desarrollo. Por esta razón, los países industrializados se han

Sería trágico que se destruyera la riqueza de la flora y de la fauna tropical antes o después de extraerles sus secretos.

venido apoderando de los recursos genéticos, mientras los países pobres no les conceden mayor importancia. A pesar de que la mayoría de los genes provienen de los países tropicales, el 55% de los recursos genéticos están controlados por instituciones pertenecientes a los países desarrollados y 14% por agencias internacionales. Los países pobres controlan sólo el 31% (Brundtland. 1985). Los países industrializados no reconocen ningún derecho a los países de donde extraen los recursos genéticos.

El hombre ha podido desarrollarse y multiplicarse gracias al mejoramiento y domesticación de algunas especies silvestres. Sin embargo, en comparación con el total de especies existentes, el hombre ha logrado apoderarse de un reducido número de ellas para la transformación del medio natural. Por las circunstancias históricas en que se desarrolló la civilización, podemos decir que el trópico permanece aún inexplorado. Al destruir o permitir la destrucción de sus ecosistemas, se están cortando prematuramente las posibilidades de desarrollo.

La especie humana ha dependido sólo de una mínima franja de la diversidad genética. Se estima que durante toda su historia, el hombre ha utilizado para su alimentación y diversos usos, unas siete mil especies de plantas. Se calcula que el número de plantas comestibles

puede ascender a más de setenta mil y muchas más podrían utilizarse como fármacos, o para usos ornamentales o industriales.

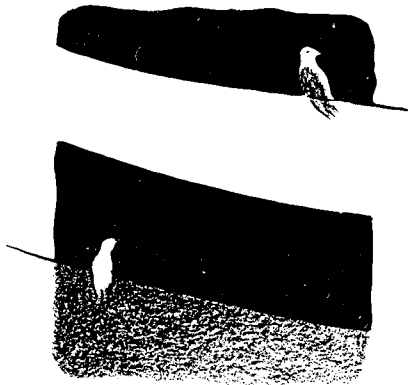
Muchos de los insectos pueden ser utilizados para control biológico de plagas. Puede decirse que el desarrollo, en cualquier forma que el hombre lo comprenda, sólo se podrá sostener con base en la biodiversidad.

A pesar de que la especie humana dependa sólo de esa mínima franja del sistema vivo, su capacidad para utilizar el sistema total es inmensa e impredecible, porque depende del adelanto técnico alcanzado. En la actualidad, por ejemplo, se calcula que el hombre utiliza solamente el 3% de toda la energía puesta a disposición por la fotosíntesis para el resto de los comensales del planeta. Ya de por sí es una proporción, que considerada desde un punto de vista reduccionista, puede parecer excesiva.

Parece una arrogancia que una sola especie, una entre cinco millones como mínimo, se incaute un 3% del pastel de la vida. Pero es una especie que no ocupa un nicho ecológico, sino que utiliza casi la totalidad del ecosistema para la satisfacción de sus necesidades. Si se tiene en cuenta la totalidad de la biomasa utilizada por el hombre o desperdiciada o destruida, la proporción puede llegar a un 30% y si el ritmo de crecimiento y desperdicio o destrucción continúa, podrá significar mucho más del 50% dentro de un siglo. Esta proporción sí puede significar una amenaza al equilibrio del sistema total de la vida, desde cualquier ángulo científico que se le mire.

El impacto diferenciado

El impacto sobre las diversas zonas de vida del planeta ha sido muy diferente, de acuerdo con las condiciones ofrecidas por el medio para la actividad humana. Dado el avance de las culturas euroasiáticas, el principal impacto lo recibieron en una primera instancia las zonas de los climas templado y mediterráneo. La cuenca del mediterráneo europeo conserva muy pocas de sus especies nativas.



El impacto reciente sobre los ecosistemas tropicales es mucho más preocupante. Como se explicó antes, los suelos templados y mediterráneos pudieron ser adaptados con facilidad al uso humano, en razón de sus características ecológicas. Sobre ellos se desarrolló la tecnología, adaptada a las exigencias del medio. La tala de los bosques dejó suelos de alta fertilidad, que sustentaron en gran parte el desarrollo moderno.

Los ecosistemas húmedos tropicales son muy diferentes. Su frondosidad y su alta diversidad genética está sustentada en la inmensa riqueza de la biomasa, más que en la fertilidad de los suelos. Las dos terceras partes de los suelos del bosque húmedo tropical son tierras rojas de alta acidez, con concentraciones de hierro y aluminio insolubles.

La regeneración del bosque húmedo es, por consiguiente, mucho más difícil que la de los bosques templados. De hecho, puede demorar varios siglos. Después de quinientos años, los bosques de Ankara, no se han podido restablecer todavía. Pero la «civilización» sigue penetrando en la selva húmeda considerada falsamente como frontera agrícola. Según apreciaciones de la FAO, más de siete millones de hectáreas son derribadas cada año, lo que equivale a una extensión superior a la de Costa Rica y cercana al 1% del área total del bosque húmedo. Madagascar ha perdido el 93% de cobertura forestal. Las costas nororientales del Brasil, tan estimadas por Darwin, han sido arrasadas, lo mismo que los bosques húmedos de las islas del Caribe o de Polinesia.

La expansión de la cultura europea hacia las tierras tropicales se ha dado en forma muy diferente a la que sustentó la civilización en las tierras templadas. Predominó el saqueo o la destrucción de tierras desconocidas o despreciadas. La actual invasión hacia el bosque tropical húmedo se da con un desconocimiento irresponsable de las características de los ecosistemas. Las reses y los pastos reemplazan una de las riquezas genéticas más importantes del planeta.

Sin embargo, no sólo la deforestación masiva es la causa de la pérdida de la diversidad biológica. Influye también la caza o la recolección selectiva para usos humanos. La flo-

ra y fauna, consideradas como recurso, han sufrido en los últimos decenios una fuerte presión por parte de la actividad humana, sea para su comercialización para fines alimenticios o industriales, o para su uso experimental.

Anteriormente el impacto humano se realizaba a través de actividades recreativas como la caza, sin fines específicos de lucro. Hoy en día la actividad de la extracción o de la caza se incrementa con finalidades claramente comerciales que en algunos casos están agotando los recursos. Tal es el caso sobre todo de algunas especies maderables de alto valor como la caoba, el cedro, etc. o animales como los primates, los babillas, los chigüiros, las tortugas o algunas especies de pesca roja como los camarones. El comercio del marfil ha puesto en peligro la sobrevivencia de ese antiguo compañero del hombre que es el elefante. Los cazadores de ballena han estado a punto de agotar esos inmensos representantes de los mamíferos marinos.

La presión sobre la flora y fauna silvestre se puede medir por el aumento considerable de este renglón en el comercio internacional. Estados Unidos importó en 1975 estos recur-

sos por valor de más de mil millones de dólares. La explotación para el comercio es la mayor amenaza hoy en día para los reptiles y otras especies de vertebrados.

Algunas perspectivas optimistas estiman que el futuro de la alimentación humana radica en los productos del mar, considerado como el almacén del futuro, aunque la esperanza no parece tener una clara base científica. Sea cual sea la riqueza de la biota marina, al parecer, el hombre no puede multiplicar demasiado la cosecha de alimentos que obtiene en este momento del mar, sin romper su equilibrio (Ehrlich, 1988).

En algunas especies, el equilibrio ya se ha sobrepasado. La producción pesquera ha aumentado desde la segunda guerra mundial de 19.4 millones de toneladas métricas a 61.5 millones en 1976. La mayor parte de la pesca marina proviene de tres áreas: Atlántico Septentrional, Pacífico Noroccidental y Pacífico Meridional. Algunas de las especies como el camarón, la anchoveta, el merlango, la merluza, el bacalao, el arenque, la ballena, etc. están siendo sobreexplotadas. La captura mundial anual está excediendo ya la capacidad de reproducción del recurso y al menos 25 de las más valiosas zonas pesqueras se hallan considerablemente agotadas.

Conciencia insuficiente y remedio lento

La conciencia sobre la importancia de preservar la diversidad de los recursos bióticos ha ido creciendo durante los últimos decenios. En 1948 se estableció la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), que ha desarrollado una importante labor a nivel internacional para impulsar las medidas de protección. Quince años más tarde, el Consejo Internacional de Ciencias estimula la creación del Programa Internacional de Biología (IBP)

que tenía por objeto estudiar las bases biológicas del desarrollo. El Programa de la Unesco sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) continuó desde 1971 el esfuerzo realizado por el IBP.

En la década de los setenta se multiplicaron las convenciones y conferencias internacionales sobre aspectos concretos relacionados con la conserva-

*La conservación de la vida
no es sólo un problema
científico o técnico,
sino ante todo,
eminentemente político.*

ción de las especies. Baste recordar la Convención de Benelux para la protección de las aves (1970), la Convención de Washington sobre el comercio de las especies en peligro (1973), el Convenio para la Protección del Pacífico Sur (1976), el Tratado de Cooperación Amazónica, firmado en 1978 en Brasilia y la Convención de Bonn sobre la Conservación de Aves Migratorias (1979).

Los esfuerzos realizados han logrado salvar de la extinción algunas especies como la foca de las islas Galápagos. La defensa de la ballena y la lucha emprendida en los últimos años contra la comercialización del marfil, están teniendo un relativo éxito.

El esfuerzo que se ha venido realizando últimamente para preservar el bosque tropical es todavía insuficiente. La principal estrategia consiste en la declaración de zonas de reservas. Sin embargo, en relación con la extensión total, las zonas de reserva son insuficientes para preservar la diversidad biológica. Hasta 1985 Africa había protegido un 4% de sus bosques húmedos, Asia un 6% y América Latina sólo un 2%. Además hay que tener en cuenta, que mientras más pequeñas sean las reservas, en caso de que permanezcan como museos aislados de vida, una vez que haya sido talado el resto del bosque, menores son las probabilidades de preservación de la diversidad genética.

En las discusiones mantenidas hace poco durante las reuniones del Comité Preparatorio para la Conferencia de Río de Janeiro, se pudieron observar las fuerzas en juego con relación a los temas tratados en este capítulo. De una parte, están los países que guardan las mayores riquezas de la biodiversidad, pero que viven en ocasiones de la explotación de sus bosques. En la otra orilla están los países industrializados, con una demanda creciente de madera, pero que necesitan conservar la biodiversidad, como patrimonio para el desarrollo de la biotecnología.

En el medio de estas dos orillas corre la crisis ambiental. Por estas razones, en Brasil sólo se pudo llegar a recomendaciones de buena voluntad, sin fuerza coercitiva para los países. Una convención sobre bosques y sobre protección y utilización adecuada de la biodiversidad, requiere una voluntad política clara y la renuncia a los privilegios sin fronteras del actual desarrollo.

A pesar de los esfuerzos y de algunos éxitos obtenidos, las fuerzas que mueven todavía la destrucción resultan ser en ocasiones más poderosas que los propósitos y los proyectos que tienden a defender la subsistencia y variedad de las formas vivas. Como veremos en el TERCER CUADERNO, el resultado final no depende solamente de la buena voluntad o de la toma de conciencia sobre el problema, sino de estructuras sociales que impulsen un desarrollo sin destrucción. La conservación de la vida no es sólo un problema científico o técnico, sino ante todo, eminentemente político. Si no se construye una nueva sociedad sobre la base de la conservación de la vida, los esfuerzos actuales, por importantes que sean, resultarán irrisorios ante la magnitud del problema.

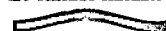
PREGUNTAS Y PROBLEMAS AMBIENTALES

Para irnos introduciendo en el tercer *CUADERNO* que tratará sobre las explicaciones del problema ambiental, es importante preguntarse qué lugar ocupa la especie humana dentro de las cadenas tróficas. La respuesta a esta pregunta puede determinar el tipo de soluciones que se le dé al problema ambiental. ODUM la coloca como «*un heterótrofo y un fagótrofo que prospera mejor cerca del extremo de las cadenas complejas de alimentos*». Sin embargo, más tarde la describe como poseedor de «*una función dual como manipulador y como habitante del ecosistema*» (pág.23).

Estos serán los temas que analizaremos en el tercer *CUADERNO*. Por el momento, sin embargo, sería importante suscitar algunas preguntas que abran la discusión sobre el tema presente. Ante todo, está el problema relacionado con la pérdida progresiva de la diversidad biológica y el agotamiento de los suelos. Son muchas las causas que entran en juego. Por una parte, la extensión de la frontera agrícola. Igualmente las causas sociales que expulsan población hacia los frentes de colonización. Tiene que ver también la estructura social de la producción agraria y del comercio internacional de los productos alimentarios.

***¿Cuál es la responsabilidad de los diferentes actores sociales en este drama de la vida?
¿Cómo podría pensarse una sociedad que permita sostener una relación más armónica con el medio natural?***

Como ejercicio práctico se podría revisar el mapa de suelos actual de cada región y compararlo con lo que debió ser el paisaje natural hace unos treinta o cincuenta años. ***¿Qué utilización tienen en la actualidad los terrenos antes ocupados por los bosques? ¿Ha existido una planificación en el uso del suelo? ¿Cómo alcanzarla? ¿Cómo lograr vencer los intereses económicos y sociales inmediatos que dificultan la planificación del territorio? ¿Cómo recuperar dentro de cada municipio o en cada cuenca un equilibrio entre el bosque, el cultivo y la pradera?***



EQUILIBRIO ECOSISTEMICO Y EQUILIBRIO TECNOLOGICO

Los sistemas tecno-biológicos

Para entender el problema ambiental es necesario comprender la diferencia de la actividad humana frente al comportamiento de los sistemas naturales. Es lo que hemos intentado hacer en estas páginas.

Hemos visto ante todo, que el hombre introduce transformaciones en todas las leyes que rigen los ecosistemas. Son transformaciones diferentes a las que ocasionan los otros organismos con su actividad. Todas las especies transforman el ecosistema, pero esas transformaciones no inducen un problema ambiental propiamente dicho en el sentido moderno del término.

La conclusión mínima que podemos extraer de lo que hemos venido estudiando en este *CUADERNO* es que el hombre no se comporta como las otras especies. No nos correspondía en este *CUADERNO* entender el comportamiento del hombre, sino simplemente constatarlo. Queríamos entender las diferencias entre los ecosistemas y los sistemas tecnológicos creados por el hombre. La conclusión no ha sido ventajosa hasta el momento para la especie humana. Hemos visto que el hombre introduce fuentes energéticas diferentes a la fotosíntesis, desorganiza los ciclos de los elementos materiales, acorta las cadenas tróficas y disminuye en esta forma la diversidad biológica.

Por otra parte, los sistemas artificiales creados por el hombre no se reproducen espontáneamente. Las ciudades perecen y son sepultadas. Las grandes ciudades Maya del Petén fueron literalmente sepultadas por el bosque húmedo. Los campos de trigo abandonados son invadidos por las malezas, que no son más que las plantas colonizadoras que inician el ciclo de la vida vegetal. Todo sistema artificial creado por el hombre se tiene que conservar

artificialmente. Todo sistema tecnológico tiene que ser alimentado tecnológicamente. No existe transición «natural» de los sistemas artificiales a los sistemas «naturales». Los sistemas artificiales simplemente son barridos y la vida reinicia su ciclo, como si el hombre no hubiese existido.

*La vida está ya impregnada
de tecnología y sólo
estamos en los inicios de
la revolución biotecnológica.*

Esto es sólo relativamente válido. El segundo aspecto que hay que tener en cuenta es que la vida ha venido asimilando los insumos tecnológicos y muchas de las transformaciones no parece que sean reversibles. El hombre ha transformado tanto algunas de las especies que éstas ya no pueden adaptarse por sí mismas. Algunas de las plantas utilizadas por la agricultura, como el maíz, no pueden reproducirse por sí solas, porque no son capaces de despojarse de su cobertura. La vida está ya impregnada de tecnología y sólo estamos en los inicios de la revolución biotecnológica. Si pudiésemos reencarnarnos dentro de cien años posiblemente no reconoceríamos el escenario de la vida.

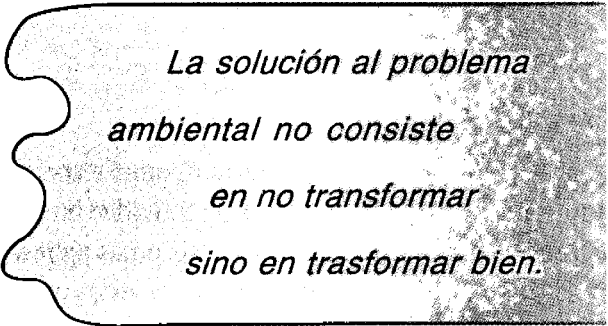
Ello significa quizás que estamos viviendo una etapa de la evolución en la que los sistemas vivos tienen que contar con los subsidios tecnológicos. En esto consiste en parte el problema ambiental. La tecnología viene modificando los sistemas vivos desde la aparición del

hombre, pero más significativamente desde la moderna revolución industrial. Más aun, con la biotecnología estamos en las puertas de transformaciones del sistema vivo mucho más profundas y radicales. A través de ella, el hombre se apropia de los secretos genéticos para modificar las especies y adaptarlas a sus propias necesidades.

Las repercusiones que puede tener la biotecnología sobre los sistemas vivos son impredecibles. Por primera vez el hombre manipula la vida desde su raíz y la puede transformar a su arbitrio. Las modificaciones genéticas que el hombre había logrado desarrollar en etapas anteriores no se debían al manejo directo de los genes, sino a combinaciones de especies logradas en la actividad agropecuaria. Ahora el hombre entra al corazón de la vida.

Este análisis nos lleva a una segunda consideración que pretende distinguir el orden ecosistémico de los órdenes artificiales creados por el hombre. Los límites entre los cuales se puede mover el equilibrio del ecosistema pueden ser modificados por la actividad humana. De hecho eso es lo que ha venido sucediendo, especialmente desde el neolítico. Cualquier inducción tecnológica significa una alteración de los límites en los que se puede mover un sistema vivo. En esto consiste el problema ambiental.

Al transformar los nichos ecológicos, el hombre modifica necesariamente los límites del equilibrio global. Los nuevos límites dependen de la inducción tecnológica incorporada al sistema. Al suelo poco fértil, el hombre puede incorporar nutrientes y en los climas secos puede utilizar regadío. Con ello modifica los límites del sistema. Esta modificación de los límites de cada una de las zonas de vida puede llegar a alterar el equilibrio global. Si el hombre logra hacer un jardín de los cordones secos tropicales y transformar en praderas los bosques húmedos ecuatoriales tendrá que buscar nuevos equilibrios que permitan los balances de temperatura y humedad a nivel planetario.



La solución al problema ambiental no consiste en no transformar sino en transformar bien.

De lo contrario, la naturaleza sepultará los equilibrios creados por el hombre. No le está prohibido hacerlo, pero tiene que hacerlo bien. La solución al problema ambiental no consiste en no transformar sino en transformar bien.

En los sistemas artificiales el equilibrio no depende sólo de la inducción tecnológica. Los impactos que la tecnología ocasiona no pueden superar los límites máximos que puede resistir el sistema natural. Los sistemas naturales, dejados a su propio vaivén, tienen sus límites que difícilmente rompen, a no ser que sean inducidos por los cambios bruscos de las condiciones ambientales. Como vimos antes, estos límites no coinciden con los márgenes de los mismos sistemas, sometidos a la transformación tecnológica. Empero, la tecnología no puede ampliar indefinidamente los límites de los sistemas. Una vez superados ciertos límites, el equilibrio se desploma y arrastra consigo toda la actividad del hombre, sepultando las formaciones culturales sostenidas sobre ese equilibrio.

A estos nuevos equilibrios o sistemas tecnológicamente balanceados los podemos llamar *sistemas tecnobiológicos* para contraponerlos a los ecosistemas. Como podemos ver, estos sistemas artificiales construidos por la actividad humana no siguen

exactamente las leyes que rigen el ecosistema. Más aún, su razón de ser consiste en transformar esas leyes y construir equilibrios nuevos que dependen en gran parte del manejo tecnológico. Por esta razón es indispensable diferenciar el lenguaje. Llamar ecosistema a los sistemas artificiales lo único que hace es dificultar la comprensión del problema ambiental.

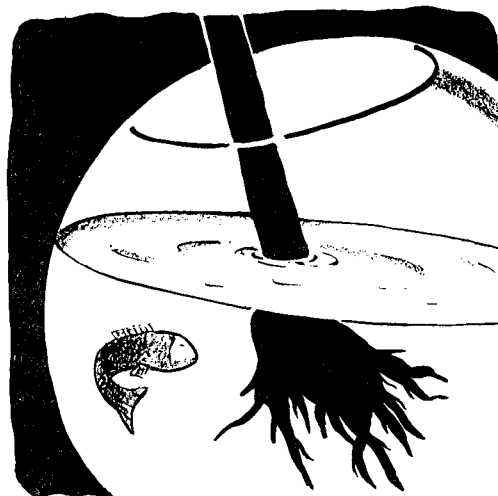
Evidentemente, los equilibrios tecnobiológicos no suprimen de un tajo todas las leyes del ecosistema y esto es lo que da pie a las confusiones entre ambos. Los campos de trigo siguen haciendo fotosíntesis. Las ciudades, que son los espacios más modificados, siguen manteniendo restos de ecosistemas como retazos de un naufragio. En los centros urbanos podemos encontrar algunos árboles, unas pocas aves, muy pocos insectos y muchos roedores por debajo de la superficie asfaltada, pero ya no nos topamos con los grandes predadores y los insectos han sido casi barridos.

La supervivencia de estas especies depende ya en gran parte del manejo artificial del hombre aunque parezcan gozar de una cierta libertad. Las ratas y las cucarachas se alimentan de nuestros desperdicios y, si nos descuidamos, de nuestra propia comida. Los árboles y los jardines dependen de nuestro cuidado. Si los descuidamos pierden sus bellezas geométricas y reaparece el orden ecosistémico. Lo mismo sucede con los animales domesticados, que siguen dependiendo de la acumulación energética lograda por la fotosíntesis. Sin embargo, a medida que avanza el

desarrollo tecnológico va desplazando cada vez más el dominio de las leyes del ecosistema. Es difícil imaginar lo que pasará con el conjunto de los niveles tróficos cuando el hombre desarrolle tecnología para transformar directamente la energía solar en energía orgánica, reemplazando la fotosíntesis. Entonces podrá prescindir de las cadenas tróficas, aunque todavía no podemos imaginar el costo ambiental de esa aventura.

El orden establecido por la actividad humana no coincide, por tanto, con el orden ecosistémico. No es ni mejor ni peor: es distinto. Cuando entramos por primera vez en una selva nos cuesta entender en qué consiste el orden ecosistémico. De hecho, el hombre ha tenido la tendencia, al menos en algunas culturas, de considerar como desorden todo aquello que no esté regulado geométricamente, como sucede en los espacios urbanos. Los egipcios fueron los primeros en introducir el concepto de desorden para caracterizar los espacios selváticos.

De hecho, el hombre no tiene muchas posibilidades de subsistir por mucho tiempo en ese medio. Los tarzanes no se dan en la vida real. Para poder subsistir, el hombre necesita crear otro orden. Es el orden tecnológico, o mejor aún, el orden cultural, del que hablaremos en el tercer *CUADERNO*.



Resiliencia ecosistémica y resiliencia tecnológica

Es el equilibrio global lo que se pone en contingencia con la incorporación de la actividad humana. En los sistemas artificiales creados por el hombre, sean agrícolas, urbanos o industriales, el equilibrio ya no depende de la regulación de los nichos ecológicos, sino de las condiciones tecnológicas por medio de las cuales el hombre introduce corrientes de energía y crea las condiciones de la nueva homeostasis. Ello significa que la homeostasis de los ecosistemas difícilmente puede ser comparada con la de los sistemas complejos organizados tecnológicamente por el hombre. En estos casos, el equilibrio depende no ya de los nichos ecológicos, sino de las condiciones artificiales incorporadas por la actividad humana.

El concepto de resiliencia es igualmente importante para comprender la diferencia entre los ecosistemas y los sistemas artificiales creados por el hombre. La resiliencia, como se vio antes, representa los límites dentro de los cuales es posible la conservación del equilibrio del sistema. Ello quiere decir que existen límites fuera de los cuales ya no es posible reconstruir el equilibrio. El equilibrio de un sistema tiene, por tanto, una cierta movilidad dentro de límites permisibles. Estos límites suelen ser en

ocasiones precipicios bruscos. Los márgenes de equilibrio se pueden mover sin peligro hasta el límite extremo pero un paso más significa la ruina total.

La resiliencia de los ecosistemas varía de acuerdo con su consistencia y con su grado de organización. Los márgenes entre los cuales se puede mover la densidad poblacional de cada una de las especies depende de los márgenes de seguridad que impiden llegar al máximo poblacional permitido por el potencial biótico. Incluso un exceso poblacional momentáneo que exceda dicho potencial, como en el caso de las langostas o los lemmings, puede ser anulado rápidamente, de tal manera que no perjudique el equilibrio global.

La solución al problema ambiental depende en gran parte del conocimiento que se adquiera sobre los límites de resiliencia de los ecosistemas, por una parte, y del establecimiento de límites tecnológicos que permitan la continuidad de los sistemas vivos. Puede decirse que la resiliencia de los sistemas tecnológicos no es la misma que la de los ecosistemas. Es imposible reconstruir el equilibrio de los ecosistemas que han sido intervenidos por el hombre, a no ser suprimiendo al hombre mismo.

Población ecosistémica y población humana

Con el objeto de ejemplificar las diferencias entre los equilibrios ecosistémicos y los culturales, vamos a estudiar brevemente el caso de la población humana. Como vimos en el primer *CUADERNO*, en ecología se llama población al número de organismos de una sola especie que habitan en un territorio determinado. La especialización tanto orgánica como social ha permitido la multiplicación de las formas de vida y el aumento de las poblaciones biológicas. Un éxito excesivo de adaptación por parte de alguna de las especies hubiese sido, sin embargo, fatal para el equilibrio de la vida. Si el proceso de especialización orgánica y social ha permitido la multiplicación de las especies y los individuos, esta multiplicación, a su vez, es controlada con precisión por la limitación de los recursos y por las leyes del traspaso energético. Como lo expresa Odum, la regulación de la población es una función del ecosistema.

Los ecólogos llaman «potencial biótico» a la máxima densidad de población que puede alcanzar una especie dentro de los límites permitidos por la acumulación energética inmediatamente anterior y la predación de los niveles superiores. El equilibrio de las poblaciones sería precario si cada especie pudiera alcanzar con facilidad los límites de su potencial biótico. El sistema global, sin embargo, establece sistemas de amortiguación, impidiendo que cada especie alcance con facilidad los límites de sus densidades poblacionales. Por lo general la asíntota poblacional empieza a declinar antes de que se alcance el potencial biótico permitiendo así un margen de seguridad para el sistema.

Uno de los reguladores básicos del equilibrio vivo es, como lo anota Odum, «el retraso en la utilización heterotrófica completa de los productos del metabolismo autotrófico». En palabras más sencillas significa que el proceso de la vida, deja siempre un margen de seguridad en el ordenamiento de las escalas tróficas, con una mayor producción de oxígeno y de masa verde que la que consumen los organismos que se alimentan de ella. Según Odum, el hombre está amenazando «con su conducta despreocupada» este equilibrio, sin el cual el sistema vivo empieza a deteriorarse.

No se trata de una conducta «despreocupada». La especie humana no está sometida a las restricciones que el ecosistema impone a las demás poblaciones. El hombre introduce nuevas fuentes energéticas para aumentar la productividad y al mismo tiempo reduce el consumo por parte de cualquier otra especie a fin de aprovechar para sí la cosecha. El aumento del insumo energético se puede apreciar en la cantidad de energía que requiere una hectárea de agricultura moderna en contraste con la energía «natural» o la energía de los sistemas más primitivos de agricultura. Estados Unidos produce tres veces más alimento por hectárea que Africa o Asia, pero gasta diez veces más energía para lograr esa producción.

El hombre, a medida que aumenta su dieta y su población, requiere cantidades mayores de producción neta. Como vimos antes, mientras los ecosistemas llevan al máximo la producción bruta, el hombre intensifica la producción neta para su propio beneficio. El hombre tiende a aprovechar para su beneficio econó-

mico más de lo que permite el equilibrio de los sistemas vivos. Odum calcula que el límite máximo aprovechable por el hombre, sin «costos ecológicos» graves, equivale aproximadamente a una tercera parte de la producción bruta. Evidentemente eso representa un mal «negocio».

Además, el hombre puede concentrar los recursos de los más variados ecosistemas. Ello le permite aglomerarse en las grandes megalópolis modernas o en las ciudades comerciales de la antigüedad. El límite de la población coincide con el límite de su desarrollo tecnológico y con las exigencias sociales de la producción material y no con las leyes del ecosistema. No es posible, como lo propone Odum, aplicarle en forma mecánica la ley de Allee, según la cual, tanto el exceso como la falta de agregación podrían ser limitativos.

La autonomía progresiva obtenida sobre las leyes del ecosistema significa pues una independencia de las leyes de crecimiento poblacional con relación a las determinantes del medio inmediato. Este proceso, iniciado en las especies superiores y sobre todo en los

primates, se consolida en el hombre. La población deja de ser una variable, dependiente de la restricción ejercida por el medio o por el mismo sistema, como había venido siéndolo, en términos generales, en el desarrollo de las formas vivas.

Sin embargo los límites de la población humana no se pueden medir solamente dentro del sistema productivo. Tiene igualmente limitantes externos que provienen de lo que el lenguaje ambiental ha dado en llamar «la oferta natural» o la capacidad de carga del medio físico-biótico. El concepto de capacidad de carga es muy limitado. No hace alusión a los nuevos equilibrios dinámicos que se establecen entre los sistemas tecnológicos y los ecosistemas.

El cálculo de los niveles óptimos de población depende en gran parte del conocimiento que se adquiriera sobre los límites de equilibrio de los ecosistemas y de su capacidad para recibir subsidios tecnológicos. Es muy poco lo que se ha avanzado en la construcción de modelos para medir estos límites, pero de ellos depende en gran parte la solución a los problemas ambientales. Al mismo tiempo, los límites tecnológicos dependen de las formas como el hombre se organiza socialmente en la producción. Este será uno de los temas del tercer *CUADERNO*.

El impacto ambiental de la población humana

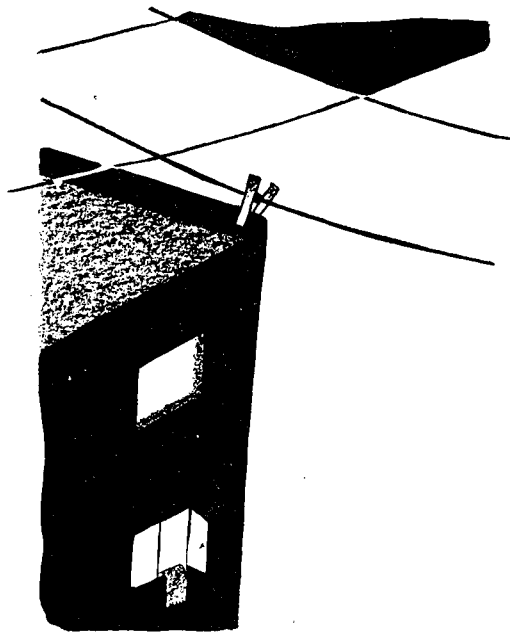
El crecimiento excesivo de la población es desde cualquier punto que se le considere, uno de los mayores problemas ambientales del mundo moderno. Sin embargo, la supervivencia del sistema global de la vida, no se ve amenazado en su estabilidad, sólo por un exceso poblacional, sino por el inmenso desarrollo tecnológico y por las formas injustas de organiza-

ción socioeconómica. Posiblemente, el mayor problema ambiental del mundo contemporáneo es, como lo reconoce el informe de Naciones Unidas «Nuestro Futuro Común», la división creciente entre países ricos y pobres. Esta perspectiva nos introduce ya al tema del tercer *CUADERNO*.

El tema demográfico no está por tanto ausente de la formación de la conciencia ambiental. Por el contrario es uno de sus puntos nodales. Ello no significa que se haya planteado siempre desde un acertado modelo de interpretación. La perspectiva am-

biental, en efecto, apenas está encontrando sus propios modelos de análisis, que serán analizados en el tercer *CUADERNO*. Por el momento nos interesa sobre todo constatar los hechos.

El desarrollo de la producción agraria permitió un rápido crecimiento de la población europea, principalmente desde 1.750 en adelante. Hasta ese momento la población crecía perezosamente a un ritmo algo superior al 1% cada diez años. Apartir de esa fecha se aceleró hasta alcanzar un ritmo cinco veces mayor durante la primera época del desarrollo capitalista.



Los países del Tercer Mundo, en cambio, iniciaron sólo durante el presente siglo su rápido crecimiento demográfico, crecimiento que durante las cuatro primeras décadas significaba sólo un promedio de 1,2% y que se acelera vertiginosamente en los últimos cuarenta años hasta alcanzar promedios que van de 2 a 3,5%. Ello significa que para el año 2.000, casi el 80% de la población hará parte de los países menos desarrollados y para entonces todavía estos estarán creciendo a una tasa promedio del 2%, mientras los países desarrollados estabilizaron su crecimiento demográfico.

El segundo problema ambiental con relación a la población consiste en los procesos de urbanización. La densificación poblacional no es un fenómeno exclusivamente moderno. El desarrollo tecnológico que supuso la invención de la agricultura permitió la densificación de los espacios habitacionales y el control de extensas áreas con el manejo centralizado de sus recursos logró alcanzar densidades poblacionales como la de la antigua Roma, que superaba el millón de habitantes.

Desde el punto de vista ambiental, la densificación urbana de la población se presta para múltiples análisis. La creación de espacios urbanos cada vez más grandes está relacionada con el dominio tecnológico de espacios geográficos diferentes y, por lo tanto, con la modificación de múltiples zonas de vida. Una gran ciudad es un gigantesco centro de acumulación de recursos y, en consecuencia, produce impactos ambientales en las más alejadas regiones. Por otra parte, o quizás por estas mismas razones, las estructuras urbanas, hasta la época presente, han sido relativamente frágiles desde el punto de vista ambiental. Todas ellas han traspasado con facilidad sus límites ambientales y han sido sepultadas por sus propios procesos.

La ciudad moderna tiene características especiales. Con la revolución industrial, la población empieza a elevarse y densificarse en los espacios urbanos ante todo en los centros de los nuevos poderes económicos. Por citar solamente el ejemplo más representativo, la población de Gran Bretaña se duplicó en los treinta primeros años del siglo XIX al mismo tiempo que disminuía proporcionalmente la población rural.

En América Latina y en el Tercer Mundo, el crecimiento poblacional y la concentración urbana se fortalecen principalmente después de la Segunda Guerra Mundial. Han sido cuantitativamente un crecimiento y una densificación explosiva. En 1950 los países pobres tenían un poco más de la mitad de la

población urbana de los países industrializados. En 1975 lograron alcanzarlos y en el año dos mil los duplicarán. Para esa época sólo América Latina tendrá una cifra comparable a la mitad de la población urbana de los países desarrollados, duplicando la población de Norteamérica.

La población urbana de los países industrializados tiende a estabilizarse con una tasa de crecimiento promedio de 1,5%, mientras en América Latina y África continuará creciendo durante el presente siglo por encima del 3%. Con ello, América Latina logrará igualar en el año 2.000 la proporción de población urbana de los países industrializados. Hacia el final del siglo, tanto los unos como los otros tendrán aproximadamente el 75% de su población viviendo en las áreas urbanas. De 1980 hasta el año dos mil, la población urbana de los países pobres se aumentará en más de mil millones de habitantes.

El crecimiento urbano de los países pobres no se ha venido desarrollando, con todo, de una manera homogénea sino por concentración hipertrófica en las grandes ciudades. En este aspecto los países pobres tendrán también el ambiguo privilegio de superar a los países industrializados. En 1975 ambas regiones

tenían entre noventa y cien ciudades que superaban el millón de habitantes.

Se estima que en el año 2.000 los países pobres tendrán más de 280 ciudades millonarias contra 155 en los países desarrollados.

En 1980 los países pobres habían superado también a los países industrializados en el número de grandes concentraciones de más de cuatro millones de habitantes. Se calcula que en el año 2.000 los países pobres tendrán más de sesenta ciudades con más de cuatro millones de habitantes, contra 25 en los países industrializados. Ciudad de México habrá alcanzado para ese entonces el siniestro privilegio de albergar treinta millones de habitantes, o sea, la población actual de toda Colombia.

Como vemos, el crecimiento poblacional y la densificación urbana son dos de los graves problemas ambientales del mundo moderno. La manera como deben ser interpretadas las cifras será el objeto de análisis en el siguiente *CUADERNO*.

Por el momento, lo importante es comprender que la especie humana tiene que regular su población atendiendo a factores internos, como son el paradigma tecnológico y la estructura social pero, igualmente, los factores externos o ambientales. El hombre no puede multiplicarse indefinidamente. Los límites externos de su expansión, se están alcanzando o se alcanzaron ya.

ALGUNAS CONCLUSIONES FINALES

La primera conclusión a la que podemos llegar es que el problema ambiental se enmarca dentro del proceso evolutivo. Depende de la forma como la evolución biológica remata en la salida técnica, con todas las consecuencias y responsabilidades para el logro de un nuevo equilibrio. Es la primera vez que el equilibrio depende de responsabilidades. La ciencia y la tecnología han venido creando nuevos equilibrios. Algunos de ellos no han resultado. La historia es también un proceso de modificación y domesticación de la naturaleza en su conjunto. La cultura es naturaleza transformada y la naturaleza ha entrado en un proceso de hominización.

Esta visión posiblemente choca con muchos de los estereotipos del ambientalismo actual, seducido por el reduccionismo ecologicista. El problema ambiental consiste en saber modificar bien y en saber conservar lo que se requiere para perpetuar y, si acaso, mejorar, los sistemas vivos. El hombre no puede renunciar a su destino tecnológico impuesto por la misma evolución. No se trata de que el hombre se acomode humildemente dentro de un nicho ecológico y colabore desde allí al equilibrio global. Tampoco se trata de renunciar al antropocentrismo, sino de entenderlo en su verdadero significado como responsabilidad ambiental. El hombre tiene en este momento la responsabilidad del sistema total de la vida y no puede delegar esa responsabilidad en ninguna de las especies.

Hasta ahora hemos estudiado la manera cómo el hombre modifica el ecosistema a través de la tecnología. No hemos estudiado todavía qué significa esta

tecnología y menos aún, en qué consisten los «sistemas culturales». El hombre no es solamente un manajo de herramientas. Es también palabra y cerebro. La evolución no remata sólo en la tecnología. La evolución llevó también a la palabra articulada y a ese maravilloso instrumento que es el neocéfalos.

Por esta razón no puede decirse que en las páginas anteriores se haya explicado todavía el «problema ambiental». Sólo se ha visto que el hombre como especie, introduce cambios en el ecosistema y produce, por tanto, impactos ambientales. No sabemos todavía por qué lo hace. Podría pensarse en diferentes soluciones. Algunos dirán que la evolución se equivocó al introducir al hombre, porque desde ese momento se iniciaron los problemas ambientales que pueden acabar con los sistemas vivos. Otros atribuirán la crisis ambiental a la mala voluntad del hombre, a su inconciencia o a su indolencia.

Son explicaciones superficiales que no dan cuenta del problema y que, por lo tanto, no pueden imaginar soluciones adecuadas. Los siguientes *CUADERNOS* se dedicarán a las explicaciones culturales de la crisis ambiental. Se intentará analizar la relación entre los ecosistemas y las formaciones culturales a fin de poder comprender la hermosa pero peligrosa aventura del hombre y sus inmensas responsabilidades frente a la actual crisis que toca las raíces mismas de la civilización.

ALGUNAS CONCLUSIONES FINALES

La primera conclusión a la que podemos llegar es que el problema ambiental se enmarca dentro del proceso evolutivo. Depende de la forma como la evolución biológica remata en la salida técnica, con todas las consecuencias y responsabilidades para el logro de un nuevo equilibrio. Es la primera vez que el equilibrio depende de responsabilidades. La ciencia y la tecnología han venido creando nuevos equilibrios. Algunos de ellos no han resultado. La historia es también un proceso de modificación y domesticación de la naturaleza en su conjunto. La cultura es naturaleza transformada y la naturaleza ha entrado en un proceso de hominización.

Esta visión posiblemente choca con muchos de los estereotipos del ambientalismo actual, seducido por el reduccionismo ecologicista. El problema ambiental consiste en saber modificar bien y en saber conservar lo que se requiere para perpetuar y, si acaso, mejorar, los sistemas vivos. El hombre no puede renunciar a su destino tecnológico impuesto por la misma evolución. No se trata de que el hombre se acomode humildemente dentro de un nicho ecológico y colabore desde allí al equilibrio global. Tampoco se trata de renunciar al antropocentrismo, sino de entenderlo en su verdadero significado como responsabilidad ambiental. El hombre tiene en este momento la responsabilidad del sistema total de la vida y no puede delegar esa responsabilidad en ninguna de las especies.

Hasta ahora hemos estudiado la manera cómo el hombre modifica el ecosistema a través de la tecnología. No hemos estudiado todavía qué significa esta

tecnología y menos aún, en qué consisten los «sistemas culturales». El hombre no es solamente un manajo de herramientas. Es también palabra y cerebro. La evolución no remata sólo en la tecnología. La evolución llevó también a la palabra articulada y a ese maravilloso instrumento que es el neocéfalos.

Por esta razón no puede decirse que en las páginas anteriores se haya explicado todavía el «problema ambiental». Sólo se ha visto que el hombre como especie, introduce cambios en el ecosistema y produce, por tanto, impactos ambientales. No sabemos todavía por qué lo hace. Podría pensarse en diferentes soluciones. Algunos dirán que la evolución se equivocó al introducir al hombre, porque desde ese momento se iniciaron los problemas ambientales que pueden acabar con los sistemas vivos. Otros atribuirán la crisis ambiental a la mala voluntad del hombre, a su inconciencia o a su indolencia.

Son explicaciones superficiales que no dan cuenta del problema y que, por lo tanto, no pueden imaginar soluciones adecuadas. Los siguientes *CUADERNOS* se dedicarán a las explicaciones culturales de la crisis ambiental. Se intentará analizar la relación entre los ecosistemas y las formaciones culturales a fin de poder comprender la hermosa pero peligrosa aventura del hombre y sus inmensas responsabilidades frente a la actual crisis que toca las raíces mismas de la civilización.

La literatura sobre problemas ambientales ha crecido enormemente durante los dos últimos decenios. En la imposibilidad de presentar en esta orientación bibliográfica todos los avances y las tendencias de la literatura ambiental, nos limitaremos a algunos títulos orientadores sobre las materias tratadas en este segundo *CUADERNO* relacionadas con los impactos ambientales.

Los estudios de los ambientalistas versan principalmente sobre el impacto de la actividad humana en los medios estudiados en estos capítulos. Existe poco estudio sistematizado que plante el impacto general con base en una conceptualización del equilibrio ecosistémico, comparado con el equilibrio tecnológico. La mayor parte de los trabajos describen simplemente el impacto. Esto sucede igualmente con los informes del PNUMA y los otros organismos internacionales encargados de la defensa de los sistemas naturales.

Este *CUADERNO* debe bastante a un ejercicio anterior realizado por el autor y por Héctor Sejenovich y que se plasmó en el documento base de la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 1982.

Igualmente reproduce algunos textos de un libro del autor que será publicado en breve dentro de la Colección IDEAS Ambientales con el título «Impacto Ambiental del Desarrollo Moderno».

Un estudio de los impactos ambientales requiere ante todo el estudio de las conclusiones de la Conferencia de Estocolmo sobre «El Medio Ambiente Humano y del Seminario de Founex (Suiza) en 1971. A la Conferencia se presentó como documento base el texto de Dubos y Ward: DUBOS René y WARD Bárbara, *Una sola tierra*, Fondo de Cultura Económica, México, 1972.

Igualmente es necesario estudiar las conclusiones de las conferencias posteriores. Entre otras, la Conferencia Internacional sobre Educación Ambiental, celebrada en Tbilisi (URSS), la Conferencia Mundial sobre Población (Bucarest 1974), la de Asentamientos Humanos (Vancouver, 1979), sobre desertificación (Nairobi, 1977), sobre clima (1979), sobre energías nuevas y renovables, 1981, etc.

A los diez años de la Conferencia de Estocolmo, los Gobiernos aprobaron la Declaración de Nairobi y el plan de acción para el Medio Ambiente. Ese mismo año de 1982, Naciones Unidas organizó la Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente que entregó su Informe en 1985:

BRUNDTLAND, Gro Harlem (Chairman), *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, 1987.

Por último, es indispensable el estudio de las conclusiones de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo que tuvo lugar en Río de Janeiro en Junio de 1992.

Los primeros tratados sobre las consecuencias ambientales del desarrollo moderno provienen de los geógrafos norteamericanos G. P. Marsh y John Muir. Es una literatura de difícil acceso. El libro de Marsh se llama «*El hombre y la naturaleza o la geografía física modificada por el hombre*» y es de 1864.

Los primeros ecólogos, desde Mobius (1877) hasta Tansley (1935) no se preocuparon prioritariamente por las consecuencias de la actividad humana, sino por describir las leyes del ecosistema. Los ecólogos modernos, en cambio, generalmente contemplan también el impacto ambiental de la actividad humana, aunque no en-

tran en el análisis de dicha actividad. Se pueden consultar desde esta perspectiva principalmente a:

- ODUM Eugene P., *Ecología*, tercera edición, Editorial Interamericana, México, 1985.
MARGALEF Ramón, *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago, 1968.

El libro de Rachel Carson, *La primavera silenciosa*, aparecido en 1960 (traducido por Grijalbo, 1980), es uno de los primeros de crítica a la agricultura moderna, desde el punto de vista de la ecología. Desde entonces se han multiplicado los libros de tendencia conservacionista. Las exageraciones han sido criticadas por Hawley, Meier y otros.

- MEIER, R.L., *The Other Side of Pollution*. En Pohlman, *Population, a Clash of Prophets*, New American Library, Nueva York, 1973.

El segundo grito de alarma, esta vez desde las ciencias económicas y socioculturales, vino de algunos profesores del Instituto Tecnológico de Massachussets que realizaron el primer estudio para el Club de Roma. Fueron coordinados por Meadows.

- Meadows D.H y otros, *Los límites del crecimiento*, Fondo de Cultura Económica, México, 1972. (La traducción del Fondo de Cultura Económica salió el mismo año de la edición inglesa, *The Limits of Growth*.)

La fuerte polémica que suscitó este libro puede verse en:

- Oltmans W.L., *Debates sobre el crecimiento*, Fondo de Cultura Económica, México, 1975. (La primera edición del libro está en Inglés y es de 1973).

La posición del M.I.T., fue rechazada con ahínco por los profesores del Instituto Hudson, encabezados por H. Kahn, por los profesores de la Universidad de Columbia Ross y Passel y por la escuela de la Universidad de Sussex, con Pavitt a la cabeza al igual que por Adrian Berry, para quien la salida a la crisis ambiental es la conquista del universo:

- KAHN Herman y otros. *Los próximos doscientos años*, Editorial Emecé, Buenos Aires, 1979.

Puede verse de Kahn en colaboración con Wiener, «*El año dos mil*», publicado por la misma editorial.

- PAVITT K.L.R., *Thinking about the Future*. A Critique of the Limits to Growth. Chatto de Windus, London, 1973.
BERRY Adrian, *Los próximos diez mil años*. Alianza Editorial Madrid, 1974

La escuela del optimismo tecnológico cuenta con otros seguidores. Entre ellos se puede consultar:

- COLLIN, Clark. *Abundance et famine*, Stock, París, 1971.
SAUVY, Alfred. *Croissance zero?* Calmann-Levy, París, 1973

Después de publicarse «Los límites del crecimiento», aparecieron durante la década del 70 otros informes para el Club de Roma con diferentes matices. El segundo informe fue el realizado por Mesarovic y Pestel, y pretende responder a las críticas al primer informe, estableciendo una regionalización y proponiendo el crecimiento orgánico:

- MESAROVIC Y PESTEL, *La humanidad en la encrucijada*, Fondo de Cultura Económica, c.p. 142, 1974.

El tercer informe es la obra del premio Nobel de economía J. Tinbergen, quien plantea la necesidad de un nuevo orden internacional:

- TINBERGEN, Jan. *Reshaping International Order (RIO)*. Dutton, Nueva York, 1976.

Sobre los recursos y su agotamiento se puede consultar además:

- CLOUD Preston (Editor), *Resources and Man*. Freeman and Company, San Francisco, 1969
JARRET H, (Editor) *Environmental Quality in a Growing Economy. Resources for the Future*. Johns Hopkins press, Baltimore, 1966
CIRIACY Y PARSON J., (Editores), *Natural Resources, Quality and Quantity*. University of California Press, Berkeley, 1967.
THOMAS William (Editor), *Man's Role in Changing the Face of Earth*. University of Chicago Press, Chicago, 1956.

Acompañando a Meadows, con tendencias variadas, se multiplicaron las advertencias sobre los efectos negativos del crecimiento poblacional y del desarrollo ilimitado sobre el tejido de la vida. El impacto sobre la estructura de la vida ha sido trabajado principalmente por los ecólogos. Sin embargo, dado el desconocimiento que generalmente tienen de la estructura tecnológica y social, cuando describen el impacto humano sobre los ecosistemas, sólo encuentran el resultado de una acción individual y descoordinada que no encaja en ningún sistema de comprensión científica. Los textos que provienen de las ciencias sociales, en cambio, no atinan muchas veces a describir lo que significa el impacto en el sistema de la vida.

Se relacionan aquí los textos que tienen que ver con impactos ambientales, dejando para el tercer *CUADERNO* los que tratan sobre explicaciones al problema ambiental.



- AYLESWORTH, T.S. *La crisis del ambiente*. Fondo de Cultura Económica, C.P., 125. México, 1974
- CARSON, Rachel. *La primavera silenciosa*. Grijalbo, 1980
- CHOVIN, Paul y ROUSSEL André. *La pollution atmospherique*, P.U.F., 1968.
- DASMAN, Raymond, *Un planeta en peligro*, S.E.P., México, 1975.
- DU PONT, Marco. *El crimen de la contaminación*. UAM, México, 1984.
- EHRlich, Paul. *The Population Bomb*. Pan Editor, London, 1971.
- FURON, Raymond. *El agua en el mundo*, Alianza Editorial, 1967.
- GOLDSMITH, Edward y otros. *Manifiesto para la supervivencia*. Alianza Editorial, Madrid, 1972.
- Goldsmith había publicado poco antes otro libro impactante con el título: *¿Puede sobrevivir Gran Bretaña?*
- KODVA V.A., *Aridization of Land and Combat of Desertification*. Nauka, 1980
- MANSHOLT, *La Carta de Mansholt*. J.J. Pauvert, París 1972. (Es un documento dirigido por Mansholt al presidente de la Comisión Económica Europea)
- MARCO DEL PONT, Luis. *El crimen de la contaminación*, UAM, Azcapotzalco, México, 1984.
- MITCHELL, J. Y STALLING, C. *Reto a la contaminación*. Editorial Pax, México, 1972.
- MUNFORD, Lewis y otros. *El desafío ecológico*. Editorial El Cid. No. 8, Caracas, 1978.
- RAPP, A. (Editor.) *Can Desert Encroachment Be Stopped?*. Swedish Nature Resources Council, Estocolmo, 1976.
- RATCLIFFE, R.A. (Editor) *A Nature Conservation Review*. Cambridge University Press, Cambridge 1977.
- SAINT-MARC, Philippe. *Socialización de la naturaleza*. Editorial Guadiana, Madrid, 1971.
- SEGERBER O., *La advertencia ecológica*. Barral, 1974
- SLATYER, R.O. *Dynamic Changes in Terrestrial Ecosystems*. Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia la Cultura y la Educación, UNESCO. Programa el Hombre y la Biosfera MAB, UNESCO/ MAB Technical Notes 4, 1977.
- U-THANT y otros. *La contaminación del planeta*. Monte Avila, 1971.
- VOIGT, Jürgen. *La destrucción del equilibrio biológico*, segunda edición. Alianza Editorial, Madrid, 1980.
- WORTHINGTON, E.B. *Arid Land Irrigation in Developing Countries*. Pergamon Press, 1977.

Los trabajos clásicos sobre la actividad energética no suelen incorporar sino muy superficialmente la preocupación ambiental. Sin embargo, de algunos de ellos pueden extraerse informaciones importantes para comprender el impacto sobre el medio ambiente. Otros trabajos, en cambio, se refieren específicamente a problemas ambientales.

Pueden consultarse:

- BERGER, J.J. *Nuclear Power, the Unviable Option*. Dell Publications, Nueva York, 1977.
- EL-HINNAWI (Editor), *Nuclear Energy and the Environment*. Pergamon Press, Oxford, 1980.
- EL-HINNAWI and BISWAS (Editores), *Renewable Sources of Energy and the Environment*, Tycooly, Dublín, 1981.
- FRANK, Ellis (Editor), *Oil and Development*, University of Sussex, 1974.
- GRENON, Michel. *La crisis mundial de la energía*. Alianza Editorial, Madrid, 1974
- HAYES, D. *Nuclear Power: the Fifth Horseman*. Worlwatch Institute, Washington, 1976.

- Institute of Fuel. *Fuel and the Environment*, London, 1973.
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), *Energy in a Finite World*, Ballinger Publications, Cambridge, 1981.

Sobre la situación energética latinoamericana puede consultarse:

- CENDES Y UNIVERSIDAD CENTRAL. *El sector energético en Venezuela: perspectivas 2.000*. Caracas, 1983
- CEPAL, *Estilos de desarrollo, energía y medio ambiente*.
- MIERES F., SEJENOVICH, H. y ANGEL A. *Energía y medio ambiente*, Trabajo de discusión para el Seminario Latinoamericano realizado en OLADE en 1982.
- TRENOVA, Jorge. *Perspectivas de la energía solar*. En: Sunkel, Oswaldo y Gligo, Nicolo. *Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina*, Fondo de Cultura Económica, México, 1980.

La bibliografía sobre agricultura y medio ambiente es una de las más extensas. Se han investigado especialmente los impactos que la actividad agrícola ha tenido sobre el suelo y el agua, al igual que sobre la salud humana y animal y sobre los ecosistemas. Ante todo es necesario referirse a los capítulos correspondientes de los informes mencionados en esta orientación bibliográfica: Holdgate, Brundtland y Barney. Hay que tener en cuenta los informes de la FAO, de la Conferencia sobre Reforma Agraria y Desarrollo Rural y de otros organismos internacionales que tienen que ver con el tema. Igualmente deben tenerse en cuenta los informes anuales del Director Ejecutivo del PNUMA. Los informes de la Conferencia Mundial sobre Desertificación (1977) y el informe especial del PNUMA sobre desertificación (1984). Además los informes de las conferencias y reuniones de consulta de organismos internacionales sobre estos temas.

Entre los textos más importantes, se pueden citar los siguientes:

- BALACHOVSKY A.S., *La lutte contre les insectes*. Biblioteque scientifique Payot, París, 1951.
- BISWAS M.R. AND BISWAS A.K., (Edit.), *Desertification: Case Studies Prepared for UN Conference on Desertification*. Pergamon Press, Oxford, 1980.
- BOSERUP, E. *Evolution agraire et pression demographique*, París, 1970.
- BORGSTROM, *The Hungry Planet*. MacMillan, New York, 1965.
- BOSCH, Robert van den y AESCHLIMANN, J.P., *L'engranage des pesticides*, Payot, Luasana, 1986 (El original inglés es de 1978).
- BOUGUERRA, Mohamed. *Le poisons du tiers monde*, Editorial La Decouverte, París, 1985.
- BULL, D., *Pesticides and the Third World Poor*, Oxfam, Oxford, 1982.
- CARSON, Rachel, *Silent Spring*, Penguin Book, 1962 (Hay traducción castellana en Editorial Grijalbo).

- MAYER, J. *The Dimension of Human Hunger*. En: Scientific American. 325, 3, 40, 1976.
- MELANBY Kennet, *Can Britain Feed Itself?* Merlin Press, Londres, 1975.
- MOORE, L. y COLLINS, *Food First beyond the Myth of Scarcity*, Ballantine Books, N.York, 1978

Sobre America Latina se puede consultar los textos:

- GASTO, Juan. *Bases ecológicas de la modernización de la agricultura*. En: Sunkel, Oswaldo y Gligo, Nicolo. Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina, Fondo de Cultura Económica, México, 1980.
- GLIGO Nicolo, *El estilo de desarrollo agrícola de la América Latina desde la perspectiva ambiental*. En: Sunkel, Oswaldo y Gligo, Nicolo. Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina, Fondo de Cultura Económica, México, 1980.
- ORTEGA Emiliano, *La agricultura campesina de la América Latina y el deterioro del medio ambiente*, En: Sunkel, Oswaldo y Gligo, Nicolo. Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina, Fondo de Cultura Económica, México, 1980.
- TOLEDO V.M., y otros. *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. Siglo XXI, Bogotá, 1988.

Sobre asentamientos humanos en América Latina se pueden consultar ante todo, el Boletín Medio Ambiente y Urbanización, publicado por CLACSO y el Consejo de Desarrollo Urbano y Regional. Buenos Aires. Además:

- ANGEL, Augusto y Magdalena BARON. *Asentamientos humanos, urbanismo y sus efectos ambientales*. Fescol y Grupo Ambiental de Bogotá, Bogotá, 1988.
- GEISSE Y SABATINI, *Heterogeneidad urbana y medio ambiente*. En: Sunkel, Oswaldo y Gligo, Nicolo. Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina, Fondo de Cultura Económica, México, 1980.
- KOWARICH, Lucio. *El precio del progreso: expoliación urbana*. En: Sunkel, Oswaldo y Gligo, Nicolo. Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en la América Latina, Fondo de Cultura Económica, México, 1980.
- OVALLES, Omar. *Ciudad, región y desarrollismo*. CENDES, ATENEO, Caracas, 1983)

Para un estudio general de las condiciones ambientales en América Latina hay que tener en cuenta, ante todo, los informes nacionales sobre problemas ambientales que se han venido realizando en los distintos países, generalmente como proyectos financiados por PNUMA u otros organismos nacionales e internacionales. Citamos los siguientes:

- Comisión Económica para América Latina, *El medio ambiente en la América Latina*, CEPAL, Santiago de Chile, 1976.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Estudio preliminar sobre los asuntos ambientales en América Latina*. PNUMA, IG.75 informe 4, 1987.
- VALENZUELA, Rafael. *Principal Environmental Problems of Latin America*. Estudio realizado para el PNUMA, 1981.

- CSUCA. *AMERICA CENTRAL: Recursos naturales en Centro América hoy*. Memorias del Seminario de 1982.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Estudio exploratorio de la situación ambiental en América Central*. Informe, 1975.

Citamos sólo algunos de los informes más importantes por países:

ARGENTINA:

- El deterioro del ambiente en Argentina*. Centro para la Conservación del Suelo y del Agua, Buenos Aires, 1987.
- Situación ambiental en Argentina*. Documento de la Subsecretaría de Política Ambiental.

BOLIVIA:

- GARCÍA, Nelson. *Aspectos generales del medio ambiente en Bolivia*. Documento para la reunión de Medio Ambiente y Desarrollo, 1987.

BRASIL:

- FIGUEIREDO, Carlos A. *A questao ambiental no Brasil 1960-1980*. Instituto de Geografía, Universidade de Sao Pablo, 1981.

CARIBE:

- Development and Environment in the Wider Caribbean Region. A Synthesis*. Documento del PNUMA, 1980

CHILE:

- SOLER, Fernando. *Medio ambiente en Chile*, Centro de Investigaciones y Planificación del Medio Ambiente CIPMA, 1985.

COLOMBIA:

- Ecología y Estado en Colombia*, INDERENA, 1978.
- DEVIA, Armando. *Situación y experiencias de impacto ambiental en Colombia*, 1985.
- Perfil ambiental de Colombia*, Editorial Escala, 1990.

COSTA RICA:

- BONILLA, Alexander. *Situación ambiental de Costa Rica* Instituto del Libro, San José, 1985.

ECUADOR:

- ENCALADA, Mario. *Medio ambiente y desarrollo en el Ecuador*. Salvat, 1983.
- Fundación Natura, *La problemática ambiental en el Ecuador*, 1987.

MEXICO:

- Estado del medio ambiente en México*. SEDUE, 1986.
- Trueba, José. *Visión retrospectiva de la problemática rural y ambiental de México*. (Trabajo sin publicar).

NICARAGUA

- Problemática, política y administración del medio ambiente en Nicaragua*, IRENA, 1980.

PANAMA:

- ILLUECA, Jorge, *Estado del medio ambiente en la República de Panamá*. PNUMA, 1987.

PARAGUAY:

- Perfil ambiental del Paraguay*, Secretaría Técnica de Planificación y AID, 1985.

PERU:

Perfil ambiental del Perú, ONERN, AID, 1986.

El Medio Ambiente en el Perú, Instituto de Planificación, 1983

VENEZUELA:

Informe nacional sobre actividades ambientales, Ministerio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Caracas, 1985.

Los Problemas Ambientales de Venezuela, MARNR, Sistemas ambientales venezolanos, 1982.

A continuación se citan algunos de los trabajos elaborados sobre aspectos del medio ambiente en América Latina. No se incluyen los libros relacionados con pensamiento ambiental, sino en caso de que sean complementarios a la materia vista en el presente *CUADERNO*.

CIID. *Modelo mundial latinoamericano, catástrofe o nueva sociedad*. CIID, Bogotá, 1977.

MORELLO, Jorge. *Perfil ecológico de América Latina*. ICI, Editorial Cultura Hispánica, 1984.

OLIVIER, Santiago. *Ecología y subdesarrollo en América Latina*. Siglo XXI Editores, Bogotá, 1981.

PNUMA-CAF, *Turismo y medio ambiente en los países del Pacto Andino*. Memorias del Seminario sobre este tema que tuvo lugar en Caracas en 1985. Contiene un Documento conceptual de Augusto Angel y los informes de los países.

SEJENOVICH, Héctor. *Situación actual y perspectivas de los recursos naturales en América Latina*.

SEJENOVICH, H. y SANCHEZ V. *Notas sobre naturaleza y sociedad y la cuestión regional en América Latina* (En Coraggio, o.c.).

SUNKEL, Oswaldo y GLIGO, Nicolo (Coordinadores). *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina*, Fondo de Cultura Económica, México, 1980. Este libro en dos volúmenes reúne múltiples artículos sobre pensamiento ambiental, agricultura, ciudad, energía, planeación, educación, etc.