

Edgar Morin, Francisco Garrido, Manuel González de Molina, Giuseppe Munda, Michela Nardo, Alicia Puleo, José Luis Serrano, José Luis Solana, Víctor Toledo y Ángel Valencia.

Edición a cargo de Francisco Garrido, Manuel González de Molina y José Luis Serrano.

# **El paradigma ecológico en las ciencias sociales**

*(En prensa)*

2005

### III.- EL METABOLISMO SOCIAL: LAS RELACIONES ENTRE LA SOCIEDAD Y LA NATURALEZA

Víctor M. Toledo y Manuel González de Molina.

#### *1.- Introducción*

*La práctica dominante en las ciencias sociales procede considerando a los seres humanos como situados en el vacío, como si la satisfacción de sus necesidades no obligara a utilizar, manipular y transformar la naturaleza, como si sus acciones no tuvieran impactos muchas veces decisivos sobre ella. Postura tan común evidencia una desconexión, hoy insostenible, de la sociedad con sus fundamentos físico-biológicos, es decir, con el mundo natural. En ese sentido, la mayoría de las teorías hegemónicas en las ciencias sociales son tributarias de la ilusión metafísica que embargó la modernidad y que separó al ser humano de la naturaleza, generando una ficción antropocéntrica que aún persiste entre pensadores y en las corrientes más avanzadas de la ciencia contemporánea.*

*La mutua relación entre sociedad y naturaleza estuvo ausente de la mayoría de las teorías de raíz ilustrada como el liberalismo, el marxismo, el anarquismo, etcétera..., que justamente por ello podrían calificarse de idealistas. Un ejemplo evidente se puede encontrar en la noción de “sistema económico” que todas esas teorías han compartido de una u otra forma y que coloca la economía en un mundo ideal donde los recursos naturales son ilimitados y los servicios ambientales nunca se degradan (Naredo, 1987). El ejemplo es significativo porque la economía se ocupa de la manera en que reproducimos la sociedad en términos materiales.*

*La necesidad de reconciliar las ciencias sociales con el mundo físico y biológico resulta, pues, urgente. Los enfoques ambientales que están prosperando en el ámbito de la Sociología, la Antropología o la Historia pueden cooperar eficazmente al logro de ese objetivo, entre otras cosas porque restituyen la naturaleza y todo lo que ello supone al interior del discurso. También porque se fundamentan en una axiomática, una nueva epistemología, en nuevas teorías del cambio social y en nuevas metodologías que, entre otras cosas, rompen con la parcelación típica del conocimiento científico tradicional y restituyen la necesaria unidad que debe existir entre las ciencias naturales y las ciencias sociales.*

*Por ello conviene despejar algunas dudas que se han planteado respecto a estos nuevos enfoques. En primer lugar, no pretenden explicarlo todo desde el prisma ambiental ni piensa que todos los fenómenos sociales tengan una explicación de esa índole. Las relaciones sociales están presididas por la complejidad y no pueden ser reducidas a análisis físico-biológicos. Se ocupan esencialmente de la base material de las relaciones sociales, y no aspiran a explicar cualquier práctica social desde el punto de vista ecológico. En ese sentido, el enfoque ambiental en las Ciencias Sociales provee de un conocimiento necesario, pero parcial e incompleto.*

*En segundo lugar, se fundamentan en una adecuada comprensión de las relaciones entre sociedad y naturaleza. Se ha de reconocer, en ese sentido, que no todas las teorías que aparecen con el marchamo de “ambientales” pueden restituir adecuadamente el vínculo entre el mundo social y mundo natural, ni todas las teorías que incorporan el mundo físico biológico lo hacen considerando el nivel de complejidad que ello supone. Parece obvio el rechazo a cualquier tipo*

de determinismo, especialmente aquel de raíz decimonónica y adscripción geográfica que pretendía comprender las distintas culturas e incluso el “genio” de las naciones a través de su hábitat. Rechazan el carácter unidireccional con que a menudo se entiende la relación entre naturaleza y sociedad, como si el medio ambiente explicara el comportamiento humano. El entorno físico y biológico establece, a través de las leyes de la naturaleza, limitaciones o constricciones a la acción de los seres humanos, pero nada más, y tampoco nada menos. Y esta precisión resulta esencial, por cuanto se suele descalificar la Historia o la Sociología Ambientales tachándolas despreciativamente de “deterministas”, adjetivo este que excusa y excluye cualquier refutación seria y fundamentada de sus argumentaciones.

Este enfoque ambiental de las ciencias sociales rechaza también aquella versión más moderna del determinismo que amenaza igualmente su coherencia científica. Nos referimos a la pretensión de alguno “ecólogos sociales” de entender la dinámica de las sociedades con supuestos y metodologías propios de la etología o de la ecología de poblaciones. De esa manera, la historia, por ejemplo, sería historia natural y la sociobiología (Wilson, 1980) su entramado teórico, pensando que hay leyes que rigen el comportamiento humano y que éstas no son muy diferentes a las de las demás especies. Pero la dinámica de las sociedades humanas difícilmente puede explicarse en función de las leyes de la Ecología, ello es tan absurdo como pensar que pueden explicarse sin su influencia. Variantes de este reduccionismo ambientalista pueden encontrarse también en los intentos de explicar la evolución humana en términos energéticos (Odum, 1972) o del fatalismo a que aboca la aplicación mecánica de la Ley de la Entropía (Rifkins, 1990).

Tampoco se compadecen mucho con las pretensiones de este nuevo enfoque y con sus bases epistemológicas, aquellas corrientes que desde la Antropología Cultural intentaron explicar la conformación de la sociedad como una mera respuesta adaptativa de los distintos grupos humanos a sus respectivos ambientes. Muchos fueron y muy importantes los logros alcanzados dentro de esta corriente que sirven de guía a no pocas investigaciones en el campo de la Historia, de la Sociología Ambientales o de la propia Antropología Ecológica, aunque realizados hoy con un enfoque menos unilateral. Las prácticas sociales no son reductibles en toda su complejidad al análisis ambiental. Constituye un contrasentido sostener que las relaciones sociales se mueven por condicionamientos físicos. Como afirma Georgescu-Roegen refiriéndose a uno de ellos, la ley de la Entropía impone límites materiales a los fenómenos sociales pero no los gobierna.

Últimamente se ha propuesto entender la relación entre naturaleza y la sociedad como un proceso co-evolutivo, en que ambas interaccionan a lo largo del tiempo, siendo imposible entender una sin el concurso de la otra. Aunque este enfoque, que tiene bastante fortuna en las ciencias sociales, quizá porque no cuestiona sino que agrega una nueva variable al análisis convencional de la sociedad, reconoce un principio esencial: la doble determinación de ambos mundos, los concibe como separados uno del otro, cuyo interior puede explicarse separadamente por las ciencias sociales y por las naturales. La Ciencias Sociales Ambientales se fundamentan también el principio de co-evolución social y ecológica (Norgaard, 1994), pero entiende la relación entre naturaleza y sociedad de manera integrada, esto es, parte de la consideración del sistema social como una parte más de los sistemas naturales. Para describir esta relación de mutua determinación a todos los niveles se ha propuesto el concepto de metabolismo social que constituye el núcleo central de este nuevo enfoque y al que dedicaremos la mayor parte de este capítulo.

En tercer y último lugar, cualquier discurso renovado y, por tanto, consecuentemente reconciliado con la naturaleza debe replantearse los objetivos que han presidido hasta hoy en el quehacer de los científicos sociales. La creación de riqueza o el crecimiento económico de las naciones, su desarrollo tecnológico, o la igualdad social han constituido el objeto de estudio principal hasta hace pocos años. Son éstas aspiraciones legítimas. Pero el enfoque ambiental de las Ciencias Sociales debe ocuparse también de si el logro de tales aspiraciones se ha hecho sin poner en riesgo su supervivencia a lo largo del tiempo, es decir, su sustentabilidad. Coherente con el enfoque metabólico y con el rechazo de las visiones excesivamente naturalistas o antropocéntricas de la naturaleza, dicho enfoque sigue teniendo a las sociedades humanas en el centro de su análisis, pero contextualizadas en su medio ambiente. De esa manera, la sustentabilidad se configura como uno de los principales criterios de análisis.

No se trata, sin embargo, de una mera sustitución de los objetos tradicionales por este nuevo. Lo realmente distintivo del enfoque ambiental es la atención que presta a la base material de la sociedad, sean cuales sean los criterios culturales que se usen para enjuiciarla. Un ejemplo puede encontrarse en el cambio que está experimentando en abordaje que los sociólogos realizan sobre las aspiraciones lógicas de la especie humana a mejorar su situación. Éstas ya no se circunscriben al aumento de la riqueza de un país o de sus individuos. Desde Naciones Unidas y ciertos medios académicos se ha propuesto el concepto de “desarrollo humano” como un concepto alternativo que hace hincapié en factores de calidad de vida, considerando tanto los económicos, sociales y culturales como los ambientales. Lo que el enfoque ambiental aporta a las ciencias sociales es la preocupación por la sustentabilidad, en coherencia con su vocación consecuentemente materialista y con la condición material de toda relación social. Al hacerlo, se vuelve una ciencia comprometida con los innumerables movimientos sociales y políticos que a lo largo y ancho del mundo luchan por construir una nueva “sociedad sustentable” (Toledo, 2003)

## ***2.- El concepto de metabolismo***

Las sociedades humanas cualesquiera sean sus condiciones o niveles de complejidad, no existen en un vacío ecológico sino que afectan y son afectadas por las dinámicas, ciclos y pulsos de la naturaleza. La naturaleza definida como aquello que existe y se reproduce independiente de la actividad humana pero que al mismo tiempo representa un orden superior al de la materia (Rousset, 1974). Ello supone el reconocimiento de que los seres humanos organizados en sociedad responden no solo a fenómenos o procesos de carácter exclusivamente social sino que son también afectados por los fenómenos de la naturaleza pues, para utilizar las palabras de Kosik (1967), “...el hombre no vive en dos esferas distintas: no habita con una parte de su ser en la historia y con la otra en la naturaleza. Como ser humano está siempre y a la vez en la naturaleza y en la historia. Como ser histórico, y por tanto como ser social, humaniza a la naturaleza, pero también la conoce y reconoce como totalidad absoluta, como causa sui que se basta a sí misma, como condición y supuesto de la humanización”.

Las sociedades humanas producen y reproducen sus condiciones materiales de existencia a partir de su metabolismo con la naturaleza, una condición que aparece como pre-social, natural y eterna (Schmidt, 1976). En otras palabras... “El metabolismo entre la naturaleza y la sociedad es independiente de cualquier forma histórica porque aparece previamente bajo las

condiciones pre-sociales o histórico-naturales de los seres humanos” (Schmidt, *op.cit.*). Dicho fenómeno implica el conjunto de procesos por medio de los cuales los seres humanos organizados en sociedad, independientemente de su situación en el espacio (formación social) y en el tiempo (momento histórico), se apropian, circulan, transforman, consumen y excretan, materiales y/o energías provenientes del mundo natural.

Al realizar estas actividades, los seres humanos consumen dos actos: por un lado "socializan" fracciones o partes de la naturaleza, y por el otro "naturalizan" a la sociedad al producir y reproducir sus vínculos con el universo natural. Asimismo, durante este proceso general de metabolismo, se genera una situación de determinación recíproca entre la sociedad y la naturaleza, pues la forma en que los seres humanos se organizan en sociedad determina la forma en que ellos afectan, transforman y se apropian a la naturaleza, la cual a su vez condiciona la manera como las sociedades se configuran.

El resultado de esta doble conceptualización (ecológica de la sociedad y social de la naturaleza) toma cuerpo en una visión cualitativamente superior de la realidad en razón de dos hechos. Por un lado, porque deriva de un abordaje que supera el conocimiento parcelado y la habitual separación entre las ciencias naturales y las sociales y humanas al que nos tiene condenado la práctica dominante del quehacer científico, es decir permite adoptar un “pensamiento complejo” (Funtowicz & Ravetz, 1993 ; Morin, 1984; 2001; Leff, 2000). Por el otro, porque inserta esta visión abstracta en la dimensión concreta del espacio (planetario), es decir, sitúa cada fenómeno social y natural en un contexto donde la posición y la escala se vuelven también factores determinantes.

Las relaciones que los seres humanos establecen con la naturaleza son siempre dobles: individuales o biológicas y colectivas o sociales. A nivel individual los seres humanos extraen de la naturaleza cantidades suficientes de oxígeno, agua y biomasa por unidad de tiempo para sobrevivir como organismos, y excretan calor, agua, bióxido de carbono y sustancias mineralizadas y orgánicas. Al nivel social, el conjunto de individuos articulados a través de relaciones o nexos de diferentes tipos se organizan para garantizar su subsistencia y reproducción y extraen también materia y energía de la naturaleza por medio de estructuras meta-individuales o artefactos, y excretan toda una gama de residuos o desechos.

Estos dos niveles corresponden a lo que Margalef (1993) ha llamado energía endosomática y energía exosomática, una distinción que es crucial para los fundamentos de la nueva economía ecológica (Martínez-Alier & Roca-Jusmet, 2000). Estos representan además los flujos de energía “bio-metabólica” y “socio-metabólica” respectivamente, y juntos constituyen el proceso general de metabolismo entre la naturaleza y la sociedad.

La historia de la humanidad no es más que la historia de la expansión del metabolismo social más allá de la suma de los metabolismos de todos sus miembros. En otros términos, a través del tiempo las sociedades humanas han tendido a incrementar la energía exosomática sobre la energía endosomática, de tal suerte que el cociente exo/endo puede ser utilizado como un indicador de la complejidad material de las sociedades. Mientras que en los primeros estadios societarios, la energía endosomática fue casi la única clase de energía arrancada a la naturaleza, con una mínima cantidad de energía transformada en instrumentos de uso doméstico, en las actuales sociedades industriales la energía exosomática sobrepasa de treinta a cuarenta veces la suma de la energía utilizada por los individuos que las conforman (Cuadro

1).

Lo anterior queda corroborado por el hecho de que hoy en día a nivel global, la extracción de recursos minerales (combustibles fósiles y minerales metálicos y no metálicos) medido en toneladas, triplica la extracción de la biomasa (los productos de la fotosíntesis) obtenida a través de las prácticas agrícolas, pecuarias, forestales, pesqueras y de recolección y extracción (datos para 1995 en Naredo, 2000).

### ***3.- Los orígenes del concepto de metabolismo***

En analogía a la noción biológica de metabolismo, el concepto utilizado en el estudio de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, describe y cuantifica los flujos de materia y energía que se intercambian entre conglomerados sociales, particulares y concretos, y el medio natural (ecosistemas). Este concepto ha sido denominado “metabolismo social”, “metabolismo socio-económico” o “metabolismo industrial”.

La idea de utilizar el concepto de metabolismo en el abordaje integrado o socio-ecológico de la realidad, ha ganado terreno en la última década por su creciente importancia como herramienta teórica y metodológica (Fisher-Kowalski, 1997). Este concepto ha sido utilizado recurrentemente desde el siglo diecinueve por varios autores (véase una revisión histórica en Fisher-Kowalski, 1998 y Fisher-Kowalski & Hüttler, 1999). Todo indica que el primero en utilizar este concepto en las ciencias sociales fue K. Marx. El concepto de metabolismo fue adoptado por Marx a partir de sus lecturas de los naturalistas de su época, principalmente del holandés Möleschot, y constituyó una herramienta fundamental en su análisis económico y político del capitalismo (Schmidt, 1976).

El concepto sin embargo permaneció en estado latente hasta finales de la década de los sesentas del siglo pasado, cuando algunos economistas como K. Boulding y R. Ayres lo “re-inventaron”. La mayoría de los análisis que utilizan este concepto se han concentrado en cuantificar más los flujos de energía que los de los materiales, porque aparentemente su cálculo resulta más fácil. En los últimos años el número de estudios que utilizan este concepto se ha incrementado de manera notable, abordando aspectos tales como la salud humana, el desarrollo social y el crecimiento económico (e.g. Ayres & Simonis, 1994; Opschoor, 1997).

En la actualidad se dispone ya de metodologías que ofrecen métodos, índices y fuentes de información estadística para calcular con detalle los flujos de materia y energía a escala nacional, de tal suerte que se ha logrado cuantificar el metabolismo energético y/o material de algunos países (Matthews, et al, 2000; Haberl, 2002) y sus cambios a través del tiempo, logrando realizar un análisis histórico (e.g. Krausmann & Haberl, 2002).

#### ***4.- Los cinco procesos metabólicos***

El metabolismo entre la naturaleza y la sociedad comienza cuando los seres humanos socialmente agrupados se apropian materiales y energías de la naturaleza (input) y finaliza cuando depositan desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales (output). Entre estos dos fenómenos ocurren además procesos en las “entrañas” de la sociedad por medio de los cuales las energías y materiales apropiados circulan, se transforman y terminan consumiéndose (Figura 1). Por lo anterior en el proceso general del metabolismo social existen tres tipos de flujos de energía y materiales: los flujos de entrada, los flujos interiores y los flujos de salida. El proceso metabólico se ve entonces representado por cinco fenómenos que son teórica y prácticamente distinguibles: la apropiación (A), la transformación (T), la distribución (D), el consumo (C) y la excreción (E).

El acto de la apropiación (A) constituye, en sentido estricto, la forma primaria de intercambio entre la sociedad humana y la naturaleza. Mediante A, la sociedad se nutre de todos aquellos materiales, energías y servicios que los seres humanos y sus artefactos requieren (endosomática y exosomáticamente) para mantenerse y reproducirse. Este proceso lo realiza siempre una unidad de apropiación P, la cual puede ser una empresa (estatal o privada), una cooperativa, una familia, una comunidad, o un solo individuo (por ejemplo un captador de energía solar).

El proceso de Transformación (T) implica todos aquellos cambios producidos sobre los productos extraídos de la naturaleza, los cuales ya no son consumidos en su forma original. En sus formas más simples T incluye las modalidades más elementales de la alimentación (por ejemplo el cocimiento de elementos vegetales o animales por medio del fuego). A lo largo del tiempo, T se ha ido volviendo gradualmente una actividad más compleja conforme el proceso se ha vuelto menos intensivo en trabajo y más intensivo en el empleo de energía y materiales (artesanía, manufactura, fábrica, etcétera.).

El proceso de Distribución (D) aparece en el momento en el que las unidades de apropiación dejan de consumir todo lo que producen y de producir todo lo que consumen. Con ello se inaugura, en sentido estricto, el fenómeno del intercambio económico (Toledo, 1981). Los elementos extraídos de la naturaleza comienzan entonces a circular, y en el devenir de la historia se incrementan no solo los volúmenes de lo que circula, sino las distancias que recorren antes de ser consumidos. Los cambios en los patrones de comunicación territorial logrados a través de formas cada vez más eficientes de transporte (humano, animal, fluvial, marino, aéreo, etcétera.) fueron amplificando su radio de acción. La magnitud de D ha ido evolucionando desde la asignación (o el intercambio) no mercantil ni monetario hasta el intercambio mediado por el dinero, la propiedad privada y los mercados.

En el proceso metabólico del consumo (C) se ve envuelta toda la sociedad, incluidos los distintos tipos de P. Este proceso metabólico puede ser entendido a partir de la relación que existe entre las necesidades del ser humano, social e históricamente determinados, y los satisfactores proporcionados por medio de los tres primeros procesos (A+T+D). No obstante, en muchas sociedades (sobre todo en sociedades de base energética orgánica) el nivel de consumo ha determinado el esfuerzo de A, T, D (sociedades campesinas, por ejemplo).

De nuevo, en el proceso de excreción (E), que es el acto por el cual la sociedad humana arroja materiales y energía hacia la naturaleza (incluyendo sustancias y calor), también se ve

envuelta toda la sociedad, incluidos los distintos tipos de A. Las dos cuestiones básicas que hay que considerar aquí son: la calidad de los residuos (si son asimilables o no por la naturaleza) y su cantidad (si sobrepasa o no su capacidad de reciclaje). Quizá sea E el proceso metabólico más dependiente de los anteriores, si bien el escenario que comienza a dibujarse habla de que el volumen y la cantidad de E está convirtiéndose en un fenómeno que requiere -para su tratamiento, para su eliminación o para su almacenamiento- de nuevos procesos metabólicos (captación, transformación, transporte y almacenamiento de residuos) que en muchos casos terminan condicionando a A+T+D+C.

### **5.- La apropiación de la naturaleza**

El acto de apropiación que inicia todo metabolismo entre la sociedad y la naturaleza, definido como "el proceso por medio de cual los miembros de toda sociedad se apropian y transforman ecosistemas para satisfacer sus necesidades y deseos" (Cook, 1973), se refiere al momento (concreto, particular y específico) en el que los seres humanos se articulan a la naturaleza a través del trabajo. En otro sentido, la apropiación conforma la dimensión propiamente ecológica del proceso de producción reconocido por los economistas, un aspecto que ha sido largamente olvidado por la gran mayoría de sus analistas.

La apropiación califica el acto por el cual un sujeto social hace suya una "cosa", y se aplica en este caso a la acción por la cual los seres humanos extraen un fragmento de la naturaleza para volverlo un elemento social. Es decir, se trata del acto por el cual los seres humanos hacen transitar un fragmento de materia o energía desde el espacio natural hasta el espacio social. En tal sentido, la apropiación de la naturaleza es un acto de internalización o asimilación de elementos naturales al "organismo" social. Esta acción que, determina a y es determinada por, las fuerzas naturales representados por los ecosistemas (véase más adelante), es al mismo tiempo, un acto que determina y es determinado por el resto de los procesos que conforman el metabolismo general: la circulación, la transformación, el consumo y la excreción.

Dependiendo del momento histórico en el que se realiza el análisis, la apropiación será según sea el caso, el elemento determinante o determinado del proceso metabólico general. Por ejemplo mientras que en las sociedades agrarias la apropiación fue (y es) el elemento determinante, en las sociedades industriales es la transformación, el consumo y cada vez mas la excreción, los procesos que determinan a aquella. Por otra parte, desde un punto de vista meramente ecológico, la forma que toma la apropiación, esto es, la acción por la cual los seres humanos extraen elementos naturales, determinará los efectos que esta operación tenga sobre la naturaleza que, como sabemos, es la base material de toda producción (social). En tal sentido, el calificativo de productor que reciben los seres humanos desde una óptica estrictamente económica cuando estos ejecutan el proceso del trabajo, se traduce en el de apropiador, cuando el acto de la producción se enfoca desde una perspectiva primordialmente ecológica (es decir de sus relaciones con los procesos naturales).

Esto es así, porque en última instancia, los seres humanos son a un mismo tiempo especie biológica y especie social, un supuesto que se confirma por el carácter bifacético del trabajo (Schmidt, 1976), el cual encarna tanto en intercambio ecológico (las relaciones materiales con la naturaleza) como en intercambio económico (las relaciones materiales entre los propios seres humanos) (Toledo, 1981). Por todo lo anterior, utilizamos aquí el término de apropiación de la



naturaleza de manera diferente a como lo han utilizado otros autores, notablemente aquéllos ligados con la corriente del estructuralismo marxista. Por ejemplo Terray (1972) quién ha empleado el término para diferenciar formas tecnológicas de uso de la naturaleza, o Godelier (1978), quién lo utiliza en relación con las formas jurídicas de propiedad y acceso a los recursos, o en fin, Ingold (1987) quién lo emplea para diferenciar lo humano de lo animal.

La apropiación es una categoría tanto teórica como práctica, de tal suerte que dicho proceso puede ser empíricamente reducido a flujos de materiales, energía, trabajo, servicios e información (véase Cook, 1973; Grünbühel, 2002). Una manera adecuada para comprender y explicar dicho proceso consiste entonces en describir las formas como esos flujos se estructuran e integran en la realidad concreta. Al adoptar un abordaje socio-ecológico de la apropiación, se hace necesario elaborar una topología del proceso, tal y como fue sugerido por Godelier (1978:764) hace más de dos décadas, es decir, se vuelve obligatorio el espacializar dicho fenómeno.

## **6.- Los ecosistemas**

Todo espacio natural puede ser descompuesto en unidades-totalidades con una determinada arquitectura, composición y funcionamiento. La naturaleza es entonces una matriz heterogénea formada por un sinnúmero de ensamblajes, los cuales presentan una misma estructura y una misma dinámica que les permite reproducirse o renovarse a través del tiempo y cada uno de los cuales constituye un arreglo o una combinación única de elementos bióticos y no-bióticos, y posee una historia particular que los hace diferentes de los otros.

Estas unidades han sido definidas como ecosistemas y una vez espacializadas alcanzan su expresión concreta en los llamados sistemas o unidades de paisaje. Mientras que el concepto de ecosistema constituye la principal aportación teórica y práctica de la ecología, las unidades de paisaje son su expresión concreta en las diferentes escalas del espacio, una contribución de las diferentes corrientes de la eco-geografía o ecología del paisaje (eg. Tricart & Killian, 1982). Se trata en ambos casos de dos elaboraciones de un mismo fenómeno, la una abstracta y por lo mismo espacial, la otra concreta y determinada por la escala.

Lo anterior, fue el resultado de más de un siglo de investigación científica dirigida a integrar los conocimientos biológicos, fisico-químicos y geológicos. En tal sentido, tanto la ecología como la eco-geografía realizaron tareas similares y paralelas al develar una visión integradora del "mundo natural", que logró cristalizar en un solo concepto los diversos aportes provenientes de las diferentes ciencias ocupadas de estudiar los fenómenos de la corteza terrestre, la atmósfera, la hidrosfera y los seres vivos (Deléage, 1993).

Más aún, cuando la investigación científica demuestra que todo ecosistema es un conjunto identificable en el espacio planetario, en el que los organismos y sus interacciones, los flujos de materia y energía y los ciclos biogeoquímicos se hallan en un "equilibrio dinámico", es decir que son entidades capaces de auto-mantenerse, auto-regularse y auto-reproducirse independientemente de los seres humanos y sus conjuntos societarios, y bajo leyes y principios de carácter meta-social, no hace más que revelar los mecanismos por los que la naturaleza se renueva continuamente. El reconocimiento de esta dinámica en el ecosistema que opera como el objeto de la apropiación (y el depósito último de la excreción), resulta entonces vital para mantener un metabolismo social ecológicamente adecuado, pues toda sociedad solo es

sustentable cuando logra funcionar sin afectar la reproducción de su base material.

Al postular el concepto de ecosistema, la ecología no solo descubrió la “estructura interna” de la naturaleza, al lograr identificar la unidad en la compleja e intrincada diversidad de los paisajes naturales, sino que hizo evidente que los llamados recursos naturales (el agua, el suelo, la energía solar, los minerales y las especies de organismos) conforman elementos o componentes que aparecen articulados e integrados los unos con los otros en conjuntos o unidades con una presencia real por las diferentes escalas del espacio.

Esto ha tenido repercusiones inmediatas sobre los análisis dedicados a estudiar la apropiación pues lo que en última instancia las sociedades se apropian no son elementos aislados y desarticulados, sino conjuntos o totalidades ecosistémicas. Ello obliga a reconocer que toda teoría del manejo de los recursos naturales, que no es sino el análisis de la apropiación como primer acto del fenómeno general de metabolismo entre la sociedad y la naturaleza, solo será efectiva cuando tome en cuenta las dinámicas, capacidades y umbrales de los ecosistemas que forman la base material de la producción, es decir, del metabolismo (Toledo, 2003. Holling, 2001). Por todo lo anterior, los procesos productivos que realizan los seres humanos agrupados en sociedad suponen la apropiación no de recursos naturales sino de ecosistemas.

Hoy en día se reconoce que los ecosistemas no solo proveen de materiales y energías a los seres humanos, también les ofrecen “servicios ambientales” tales como un ambiente propicio para la supervivencia de la especie humana, mecanismos reguladores de la temperatura y la humedad o del equilibrio de la atmósfera (dado que mantienen balances geo-químicos y físicos), espacios para el esparcimiento, la educación o la contemplación, y ámbitos para alimentar valores espirituales o estéticos.

Existen por lo menos tres supuestos derivados de la teoría ecológica que marcan las pautas que debe seguir una apropiación adecuada. En primer término deben reconocerse los paisajes o las unidades ambientales que conforman el predio, parcela, área o espacio (terrestre o acuático) que se pretende apropiarse, lo cual se logra a través de la identificación de ciertos factores (geomorfológicos, bióticos, climáticos, pedológicos, de vegetación) sobre una determinada escala.

Lo anterior permite concretar el segundo supuesto que consiste en reconocer el potencial productivo de cada una de las unidades previamente distinguidas. Si aceptamos que cada ecosistema particular ofrece una cierta resistencia al uso humano resultado de su estructura, funcionamiento e historia, entonces debe reconocerse que una tarea crucial es la de identificar sus límites, umbrales y potencialidades. Ello permite finalmente reconocer lo que en la jerga geográfica se denomina “la vocación de los espacios naturales”. El último supuesto incluye la “optimización” de la apropiación con base a los supuestos anteriores. Ello implica obtener el máximo flujo de energía y/o materiales del ecosistema apropiado con el mínimo de esfuerzo y sin poner en peligro su capacidad de renovación.

De todo lo anterior se desprende que toda apropiación que por alguna razón se efectúe por encima de la vocación productiva de los ecosistemas, estará realizando un cierto forzamiento ecológico. Este forzamiento conlleva un cierto costo que termina expresándose bien por la baja de la producción a corto, mediano o largo plazo, bien por los efectos directos o indirectos de los mecanismos utilizados para evitar el descenso de la producción (por ejemplo el uso de agro-

químicos que busca atenuar la pérdida de la fertilidad natural de los suelos). En ambos casos se trata del castigo con que la naturaleza penaliza la decisión equivocada del productor. Y es la acumulación de decisiones equivocadas, en el espacio y en el tiempo, lo que conduce al colapso de la base material del metabolismo social y, finalmente, al decaimiento e incluso a la desaparición de determinados conglomerados societarios (pueblos, estados, civilizaciones).

La magnitud del costo dependerá por supuesto de cada situación concreta y particular, de tal forma que se hace teóricamente posible distinguir los umbrales o límites de los ecosistemas apropiados, y por consecuencia el realizar una apropiación adecuada capaz de auto-regularse (“adaptive management”), es decir de ajustar la magnitud, duración e intensidad del acto de apropiación a los ritmos, límites y capacidades de los ecosistemas que operan como la base material de dicho proceso (Holling, 1978). En resumen, cada fragmento del espacio natural posee un límite (teóricamente reconocible) para su adecuada apropiación, más allá del cual se atenta contra su capacidad de renovación y, finalmente, contra su existencia misma.

### ***7.- Las formas básicas de apropiación de los ecosistemas***

Como una “célula” ubicada en la membrana o en la periferia de la sociedad, las unidades de apropiación P, operan como los transformadores de los recursos (renovables y no renovables) ofrecidos por la naturaleza a través de los ecosistemas, convirtiéndoles en un flujo de energía socialmente consumible. Dado que no todo lo que produce lo consume, ni todo lo que consume lo produce, P lleva a cabo dos tipos esenciales de intercambio: con la naturaleza (ecológico) y con los sectores urbanos e industriales (económico).

Además de lo anterior, es necesario introducir una distinción fundamental en el caso del intercambio ecológico, el cual es básicamente una apropiación de ecosistemas, es decir de conjuntos o totalidades de organismos vivos y elementos físicos, químicos y geológicos. Los seres humanos, es decir P, realizan entonces tres tipos básicos de intervención en los ecosistemas, los cuales terminan teniendo una expresión territorial o paisajística.

En el primer caso, la apropiación se realiza sin provocar cambios sustanciales en la estructura, arquitectura, dinámica y evolución de los ecosistemas que se apropian. Aquí se incluyen todas las formas conocidas de caza, pesca, recolección, y pastoreo, así como ciertas formas de extracción y de ganadería por forrajeo en las vegetaciones originales.

En el segundo caso se trata de actos de apropiación donde P desarticula o desorganiza los ecosistemas que se apropia, para introducir conjuntos de especies domesticadas o en proceso de domesticación, tal y como sucede con todas las formas de agricultura, ganadería, forestería de plantaciones y acuicultura.

La principal diferencia entre estas dos modalidades de apropiación de la naturaleza radica en que mientras en el primer caso los ecosistemas se apropian sin afectar su capacidad intrínseca o natural de auto-mantenerse, auto-repararse y auto-reproducirse, en el segundo los ecosistemas apropiados han perdido tales habilidades y requieren a fortiori de energía externa (humana, animal o fósil) para mantenerse. En ausencia de la fuerza humana estos ecosistemas o bien se regeneran y retornan mediante los mecanismos de restauración ecológica a las formas originales de las cuales surgieron, o bien derivan en formas bizarras, atípicas e impredecibles. En el primer caso se trata de una “naturaleza manejada”, en el segundo de una “naturaleza domesticada”.

*En las últimas décadas el movimiento conservacionista que busca la preservación o protección de áreas naturales intocadas o en proceso de regeneración, ha dado lugar a una tercera forma de apropiación en la que los ecosistemas se conservan con fines de protección de especies, patrones y procesos, además de otros servicios tales como el mantenimiento del clima local, regional o global, la captación de agua, el esparcimiento, la educación y la investigación científica.*

*Hoy en día existen en el mundo unas 30,000 áreas naturales protegidas con una superficie equivalente al 8.8% de la superficie planetaria (World Conservation Monitoring Centre, 2000), de las cuales 440 son Reservas de la Biosfera. A diferencia de los dos mega-paisajes anteriores, en esta tercera modalidad la apropiación no supone la remoción de materiales o energías, sino solamente de lo que se han llamado “servicios ambientales” como los arriba citados.*

*Estas tres modalidades de apropiación de los ecosistemas, permiten distinguir en el espacio planetario, tres grandes tipos de ambientes o mega-paisajes y sus correspondientes formaciones transicionales o intermedias: el medio ambiente natural, el medio ambiente transformado (o domesticado) y el medio ambiente conservado. Estas tres expresiones paisajísticas, más la presencia de espacios dedicados a agrupar poblaciones humanas de carácter rural y urbano (poblados, ciudades y, en fin, megalópolis), o al establecimiento de industrias, han terminado por configurar la topología actual del planeta (Figura 2). Y es en estos cinco sectores (el industrial y urbano, el rural y los tres principales tipos de medio ambiente) donde tiene lugar el metabolismo entre la sociedad humana y la naturaleza de manera concreta y específica (Figura 3).*

### ***8.-Lo duro y lo blando***

*Hasta hoy en día, el proceso general de metabolismo ha sido abordado como un fenómeno meramente material (y ello explica porque sus principales analistas han sido economistas de la nueva corriente de la economía ecológica). Sin embargo, un abordaje sociológico completo obliga a considerar aquellas instancias y mecanismos de carácter no material con los cuales y dentro de los cuales el metabolismo tiene lugar. Desde las sociedades tecnológicamente más simples, el proceso metabólico siempre ha ocurrido dentro de determinadas relaciones sociales, es decir, siempre ha estado condicionado por diversos tipos de instituciones sociales.*

*Los cinco procesos metabólicos (apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción) se articulan de manera específica, particular y estable a lo largo del tiempo, lo que permite hablar de formas específicas de articulación entre esos y entre la sociedad por entero con la naturaleza. Las instituciones, que expresan relaciones estrictamente sociales como la familia, el mercado, las reglas de acceso a los recursos, el poder político, la fiscalidad, el parentesco, el apoyo recíproco, etcétera, suelen organizar socialmente esa articulación de los procesos metabólicos.*

*Mientras que los primeros procesos operan como la “parte dura” o visible de las sociedades humanas, como su blindaje material y energético, las instituciones, y sus consiguientes sistemas simbólicos y reglas jurídicas y/o sociales funcionan como la “parte blanda” invisible e inmaterial. Por lo anterior resulta pertinente afirmar que todo metabolismo social tiene un*

“hardware” y un “software”, los cuales se determinan recíprocamente a lo largo de la historia en procesos que hoy resultan aún incomprensibles y que es necesario descubrir y analizar. Esta distinción recuerda, y en cierta forma reproduce, la antigua separación entre la “infraestructura” y la “superestructura” postulada por el estructuralismo marxista (eg. Godelier, 1978; Fossaert, 1977).

En cada sociedad dada existe, por lo tanto, una articulación específica de los cinco procesos metabólicos, y una constitución específica de las relaciones sociales que configuran cada uno de ellos, que tienden a la reproducción, a la continuidad en el tiempo al mostrar cierto consenso social a la hora de satisfacer las necesidades básicas. No obstante, creemos que se puede singularizar, sin afán ontológico alguno, formas más o menos estables de configuración y articulación de los cinco procesos metabólicos y su contraparte simbólica o institucional, que podemos designar de manera tentativa, como “sistema social” (“social stages”). En ningún caso esa designación iría más allá de una caracterización meramente descriptiva, nunca prescriptiva.

### ***9.- Los flujos de materia y energía***

La porción “dura”, visible y tangible del proceso general de metabolismo social se encuentra representada, en último instancia, por los flujos de materia y energía. Dicho de otra manera los actos de apropiación, transformación, circulación, consumo y excreción, que conforman los cinco procesos particulares del fenómeno de metabolismo social, pueden descomponerse en dos flujos: el material y el energético (Figura 4). En la literatura sobre el tema existen estudios que contabilizan el “metabolismo material” y el “metabolismo energético” a diferentes escalas.

No obstante que en los últimos años han aparecido estudios que cuantifican el flujo de materiales a nivel nacional, existe una tradición de análisis energético de lo social que se remonta al siglo diecinueve (Martínez-Alier, 1987). En las últimas tres décadas los análisis energéticos fueron utilizados por los seguidores de la antropología ecológica, encabezado por el estudio pionero de Rappaport (1971), en el análisis de sociedades tribales y agrarias. El estudio de los flujos energéticos de los sistemas sociales fue estimulado por las aportaciones de los “ecólogos humanos” (esencialmente Odum, 1972), y el enfoque ha sido utilizado por algunos autores en el análisis histórico de las sociedades (eg. Debier, et al, 1986; Smil, 1994).

A pesar del interés por los flujos de energía en los conglomerados sociales, estos se analizaron sin considerar el concepto de metabolismo social. Solo hasta recientemente Haberl (2001 a y 2001 b) ha propuesto una metodología y ha mostrado ejemplos de su aplicación. En este caso se trata de contabilizar los flujos de todas las formas de energías utilizadas (electromagnética, química, térmica, eléctrica, mecánica y nuclear) y sus conversiones, más la energía nutricional de los seres humanos y los animales domesticados, desde su entrada a la esfera social hasta su expulsión hacia los ecosistemas.

### ***10.- El metabolismo a través del tiempo: la historia ambiental***

La historia no es sino aquella parte del conocimiento que hace hincapié en la dimensión temporal de la existencia humana. Es, como todo conocimiento, un discurso socialmente

*construido que como tal forma parte del “software” con que funciona el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza. En ese sentido, el discurso histórico se asemeja a la memoria de un colectivo social y funciona de modo análogo a la memoria del individuo.*

*El metabolismo entre la sociedad y la naturaleza ha ido variando desde la aparición de las primeras sociedades hasta la época contemporánea. En consecuencia, la principal tarea de una historia ambiental es la de estudiar los principales patrones y tendencias que van tomando estas configuraciones a lo largo del tiempo, así como la de reconocer una cierta sucesión entre estadios de estabilidad de “longe dureé” y estadios altamente inestables de cambios bruscos y de corta duración.*

*En esta nueva perspectiva teórica, la historia ambiental se vuelve un enfoque integrador de lo social y lo ecológico porque considera a los procesos naturales y sociales como “agentes activos” en permanente acción recíproca (Sieferle, 2001). El estudio del metabolismo entre la naturaleza y las sociedades humanas a lo largo del tiempo, considerado como objeto central de la historia ambiental, se torna entonces en la vía para la recuperación de la memoria social frente a la naturaleza y, de manera especial, en un valioso instrumento para dimensionar las alternativas societarias que se debaten y se proponen (Dovers, 2000).*

*La unidad básica de análisis de la historia ambiental debiera ser entonces la sociedad en metabolismo con la naturaleza, pero no la sociedad en su noción general y abstracta sino las diversas sociedades que han existido, y existen, en el espacio y en el tiempo. La teorización de la evolución del proceso metabólico entre S y N, debiera contemplar una teoría de la amplitud o magnitud (creciente o decreciente) de dicho metabolismo. Ello permitiría no sólo captar el nivel de apropiación humana del suelo (captura de la productividad primaria neta o biomasa) y del subsuelo (fuentes fósiles de energía o de materiales), sino también del grado de intervención humana en los procesos físico-biológicos que tienen lugar en N. Ello daría, al mismo tiempo, una idea de las necesidades territoriales y del control de los recursos de los casos estudiados, todo lo cual ofrecería elementos para regular, modular y modificar ese metabolismo.*

*El estudio de la historia del metabolismo entre la sociedad y la naturaleza implica también el análisis de la dirección, modo y ritmo del cambio. En el primer caso se trata de indagar si existe o no una direccionalidad en el cambio histórico. Lo segundo se refiere al papel jugado por los factores internos de carácter social y los factores externos o naturales. Finalmente el ritmo del cambio atañe a si los cambios son de carácter gradual o bien por medio de grandes saltos.*

*Hasta la fecha, la búsqueda de los grandes cambios cualitativos en el tiempo histórico desde una perspectiva de historia ambiental, se han centrado en las mutaciones ocurridas en el proceso de apropiación, adoptando lo que Worster (1990) ha denominado un “abordaje agro-ecológico” de la historia. Estos grandes saltos en el devenir del tiempo, que implica modificaciones cualitativas en el proceso de apropiación de los ecosistemas, se han identificado como “revoluciones ecológicas” (Merchant, 1987), “modos de transformación” (Turner, et al 1990), “modos de uso de los recursos” (Gadgil & Guha, 1992), “modos de apropiación de la naturaleza” (Toledo, 1994 y 1995) y “régimenes de metabolismo social” (Sieferle, 2001).*

*En otra dimensión, los orígenes y usos de la energía en las diferentes sociedades humanas han recibido especial atención por parte de varios autores entre los que destacan Adams (1975), Debier et al, (1986), y Smil, (1994). En este caso se han intentado explicar los cambios de la*

sociedad a través de la historia en función de las fuentes energéticas y de las modalidades que toma el flujo de energía en cada sociedad analizada, es decir, se busca una explicación en el estudio del metabolismo energético. No obstante todos estos intentos, en sentido estricto, el estudio del cambio histórico tomando como marco conceptual el metabolismo social es una tarea que apenas se inicia (véase González de Molina & Toledo, 2003).

Tanto Gadgil y Guha (1992) como Toledo (1994) han coincidido en distinguir al menos tres grandes modos de uso de los recursos o de apropiación de la naturaleza que corresponderían a otros tres grandes tipos de organizar el metabolismo social con la naturaleza: modo primario o propio de los cazadores-recolectores, en el que la apropiación de los recursos no consigue transformar la estructura y la dinámica de los ecosistemas; de hecho los seres humanos podrían considerarse como una especie más dentro de cada ecosistema. El modo secundario, campesino o agrario establece un tipo de metabolismo que produce aún transformaciones ciertamente limitadas sobre la dinámica de los ecosistemas; no obstante se domesticaron plantas y animales, se manipulan especies y se transforman -aunque de manera muy limitada-determinados materiales en objetos útiles (aperos agrícolas, arados, arneses, herraduras y por supuesto armas). Esta capacidad limitada de intervención en los ecosistemas y en el propio planeta es producto de la base energética sobre la que se asientan este tipo de sociedades: la energía solar. En cualquier caso, este tipo de metabolismo coexistió con una gama muy amplia de sistemas sociales que, pese a tener distintos grados de complejidad, tenían como base de su economía las actividades agrarias, desde la aparición de la agricultura hasta el feudalismo, los sistemas tributarios asiáticos o el propio capitalismo.

El metabolismo propio de las sociedades industriales utiliza como base energética los combustibles fósiles o la energía atómica, lo que le proporciona una alta capacidad de intervención en la dinámica de los ecosistemas, una enorme capacidad expansiva, subordinante y transformadora (a través de máquinas movidas por combustibles fósiles). Ello explica que se haya producido con su introducción un cambio cualitativo en el grado de artificialización de la arquitectura de los ecosistemas. La investigación, aplicada a los suelos y a la genética ha dado lugar a nuevas formas de manipulación de los componentes naturales al introducir fertilizantes químicos y nuevas variedades de plantas y animales. Por primera vez, con la promoción de este tipo de metabolismo, la producción de residuos -producto de toda transformación de la energía y la materia- superó la capacidad de reciclaje y la velocidad en la extracción de recursos comenzó a ser muy superior al tiempo de producción. El tipo de organización propio de este modo de uso es bien conocido por actual; sólo resaltar que se basa en criterios esencialmente materiales de clasificación social, en la promoción de valores culturales antropocéntricos, en pautas de conducta urbanas y en lógicas o racionalidades maximizadoras, muy alejadas de las propias de los dos modos de uso anteriores.

Con estos tres grandes tipos de metabolismo social no se pretende reconstruir una nueva línea evolutiva más o menos lineal, entre otras cosas porque los tres coexisten en la actualidad. El primero es, no obstante, relictual, en tanto que el segundo sigue siendo -si tomamos en cuenta el conjunto del planeta-la forma más numerosa en que se organiza el metabolismo con la naturaleza; aunque su hegemonía está amenazada por la capacidad expansiva del metabolismo industrial, que ha hecho que sea dominante en Occidente y que se encuentre en plena expansión por el Tercer Mundo tanto en número de los que se ven involucrados en él como en superficie controlada (véase un análisis de este proceso para el caso de México en Toledo et al, 2001).

Estos no son sino ejemplos del modo de proceder de la Historia Ambiental, que estudia y clasifica las sociedades en función de su base material (flujo de energía y materiales) y de los límites que impone a la práctica humana. Práctica que, al mismo tiempo, modifica y transforma el propio metabolismo hasta cambiarlo totalmente. La Historia Ambiental proporciona, pues, conocimientos imprescindibles para entender el escenario en el que la acción humana se desarrolla. En conclusión, el concepto de metabolismo como eje del análisis socio-ecológico o socio-ambiental no solo promete ser de enorme utilidad en la dimensión meramente teórica o académica; más que eso, las aportaciones que se hagan teniendo como marco este concepto, serán seguramente decisivas para los debates políticos y los procesos sociales del presente y el futuro inmediato.

### ***11.- Los cambios en el metabolismo social***

Es misión de los historiadores describir, tal y como hemos sugerido, el curso evolutivo que ha seguido la humanidad, distinguiendo la existencia de líneas evolutivas múltiples. La evolución no ha sido unilineal ni forzada por ninguna ley predeterminada, al margen de la voluntad de los propios seres humanos, sino multilineal y en buena medida azarosa. La evolución ha tendido hacia un grado mayor de complejidad, pero al contrario de lo que ocurre en la naturaleza, la complejidad no ha sido garantía de estabilidad, sino todo lo contrario. El 99% del tiempo que lleva la humanidad en el mundo ha transcurrido con formas más o menos simples de organización social, en tanto que el 1% restante ha visto aumentar de manera espectacular la complejidad social y con ella la inestabilidad (la prueba más evidente es la actual crisis ecológica y el peligro, aún existente, de destrucción nuclear).

Las sociedades evolucionan, pues, de acuerdo con designios no escritos de antemano, que dependen de un conjunto de circunstancias y factores que los historiadores se afanan por entender. Es tarea de la Historia Ambiental aportar construcciones teóricas que hagan comprensible la complejidad que comporta toda mutación de una forma de metabolismo a otra. La historia de las sociedades en su medio ambiente en el pasado podría contemplarse de modo general como la descripción de sus distintos metabolismos sociales, de su tamaño, del impacto que tuvieron sobre el medio ambiente y cómo transitaron de unos a otros. Frente a lo que ocurre en la Naturaleza, en los procesos evolutivos o sucesionales (nacimiento, desarrollo, madurez y muerte), en los que el mayor consumo de energía se da durante la fase de desarrollo frente a la madurez en que el gasto es mucho menor, el crecimiento en complejidad de la organización social se ha hecho a base de consumir cantidades cada vez mayores de energía. Si consideramos que este recurso ha constituido la clave principal (no la única, pero sí el soporte esencial de cualquier otra motivación) que hizo posible el cambio de algunas sociedades hacia un nivel de complejidad mayor, debemos preguntarnos qué tipo de factores desencadenaron una demanda mayor de energía y de materiales preferentemente para el consumo exosomático de determinadas sociedades a lo largo de su evolución en el tiempo.

El cambio social muestra la complejidad del objeto con el que tiene que tratar el científico social. No obstante, el cambio socio-ambiental se puede entender con el auxilio de construcciones teóricas y herramientas metodológicas en las que la mutación experimentada por un o varios factores de los que hablaremos enseguida resultan especialmente relevantes. Tanto los factores mencionados como la teoría que los articula carecen de cualquier estatus normativo u ontológico, evitando con ello cualquier ordenación o predeterminación de la importancia de



*cada uno al margen de la propia experiencia humana. Sólo desde esta perspectiva se puede defender la existencia de factores relevantes a la hora de construir una explicación de los cambios socio-ambientales y de las mutaciones de un tipo de metabolismo social a otro. Entre ellos, podríamos destacar los siguientes.*

*En primer lugar, y como expresión de las limitaciones que establece el medio ambiente sobre la dinámica de las sociedades, los cambios en la dotación de los recursos y servicios ambientales sobre los que éstas se asientan resultan de especial significación. Tales cambios son inducidos por la propia dinámica de los ciclos físico-biológicos, pero también por las interferencias que las propias sociedades u otras ajenas pueden ejercer sobre ellos. Los efectos de la dotación de recursos y funciones ambientales, y de los cambios habidos en la misma, se manifiestan socialmente hablando en forma de limitantes al proceso metabólico, por ejemplo, en la cualidad y cantidad de biomasa recolectada, en el nivel de extracción de materiales o energía, etcétera... Las respuestas sociales pueden ser de adaptación o de "superación" de tales limitantes mediante tecnologías. Las peculiaridades de cada ecosistema hacen, pues, que el proceso metabólico sea más o menos dificultoso, tenga que vencer más o menos obstáculos, acelerando o retardando el cambio.*

*En segundo lugar debe tenerse en cuenta la dinámica demográfica, que afecta directamente al tamaño de la población. Tamaño que tiene dos impactos claros sobre el metabolismo social: aumenta o disminuye la fuerza de trabajo que lo hace funcionar y constituye el factor explicativo más relevante, aunque no único, de la envergadura que alcanza el consumo endo y exosomático de los individuos que lo componen. Entender las motivaciones del cambio demográfico se antoja una de las tareas más importantes que deben abordarse.*

*En tercer lugar, el cambio tecnológico se convierte en una variable de primer orden que modifica al alza o la baja los dos primeros factores enunciados. Pero a condición de que el análisis del mismo huya de las simplificaciones econocimicistas o poblacionistas que han salpicado su estudio en las últimas décadas. Un determinado ecosistema o grupo de ellos puede sostener en principio, de acuerdo con sus características físico-biológicas, una determinada cantidad e individuos, designando un tamaño específico de su metabolismo. Sin embargo, determinadas soluciones tecnológicas pueden aumentar la capacidad de carga por encima de sus posibilidades a costa de aumentar la eficiencia metabólica en la utilización de la energía y de los materiales disponibles.*

*Del mismo modo, un determinado metabolismo social puede crecer por encima de su dotación de recursos si es capaz de captar fuera de su entorno los recursos necesarios para su funcionamiento. En efecto, el intercambio económico constituye el cuarto factor que la Historia Ambiental considera relevante para explicar el cambio socioambiental. En realidad es un instrumento de transferencia de energía y materiales entre distintas sociedades, que a su vez consume energía y materiales y produce residuos. A lo largo de la historia han existido formas diversas de intercambio, la más característica de las cuales ha sido el mercado, primero como espacio físico de intercambio, y después como forma predominante de relación entre  $A+T+D+C+E$ . Como vía de transferencia o intercambio de energía y materiales, el intercambio económico es capaz de transmitir necesidades metabólicas de una sociedad a otra, o entre unos agentes sociales y otros dentro de una determinada sociedad. En sociedades con un alto grado de desarrollo del mercado, la competencia mercantil entre los distintos agentes que intervienen el proceso de apropiación, transformación y distribución provoca incrementos en el*

metabolismo social.

Pero para que una determinada sociedad franquee los límites de su dotación de recursos, incrementando el tamaño de su metabolismo, es preciso que los individuos no los perciban como tales, es decir, que dominen ideas y concepciones sobre la naturaleza y la sociedad que legitimen una presión mayor sobre ellos o sobre otras sociedades que los poseen. Por ello, la “cosmovisión” de una determinada sociedad y los cambios que en ella se pueden operar resultan fundamentales para entender el funcionamiento y las transformaciones de su metabolismo social. Las ideas sobre la naturaleza, y la percepción humana que de esta se deriva, influyen de manera decisiva en la conformación del metabolismo y en las tendencias hacia el cambio. La actual crisis ecológica sería incomprensible sin el cambio producido en el campo de las ideas desde finales del siglo XVIII que facilitó el paso de un antropocentrismo biocéntrico a un antropocentrismo autorreferenciado en el propio ser humano. Influenciado por la cosmovisión, debe tenerse en cuenta el sexto factor relevante para explicar el cambio: el desarrollo del conocimiento, especialmente el científico, del que ha dependido, especialmente en los últimos dos siglos, la capacidad de innovación tecnológica y, por tanto, la propia conformación del proceso metabólico.

En séptimo lugar, las formas de acceso y de distribución de los recursos y servicios ambientales y de los satisfactores creados para atender las necesidades históricamente cambiantes de los componentes de cada sociedad tiene una influencia a veces decisiva sobre el tamaño y dimensiones del metabolismo social. Este acceso ha sido condicionado por las formas de apropiación de los flujos de energías y materiales y de los satisfactores o de su expresión abstracta a través del dinero. Una distribución desigual del acceso y disfrute de tales objetos presiona hacia un esfuerzo metabólico mayor que el que provoca una distribución más igualitaria. Las relaciones entre A, T, D, C y E, están condicionadas por una asignación más o menos asimétrica de los recursos y de los satisfactores. En este sentido, la distribución desigual de los recursos ha constituido históricamente una fuente permanente de conflictos y de búsqueda de lo que hoy se denomina “justicia ambiental” que han constituido un poderoso motor de la evolución histórica de las sociedades no sólo desde el punto de vista ecológico. En cualquier caso, parece claro que tales conflictos han tenido también una influencia a veces decisiva en el diseño del metabolismo social.

En octavo lugar deben tenerse en cuenta las decisiones dimanantes del poder y, en general, de las instituciones creadas en el interior de cada sociedad para regular las relaciones sociales y también el uso de los recursos y funciones ambientales. Nos referimos al conjunto de relaciones de poder estables (regulaciones y normas jurídicas) o puntuales (decisiones), que tiene como misión la reproducción tanto del metabolismo entre la naturaleza y la sociedad, como de las formas en que este se organiza y, por tanto, como transitan los flujos de energía y materiales en su interior. Influido por los demás factores, este factor influye a su vez de manera decisiva sobre ellos. Ello implica la formulación de una nueva teoría del poder político y de las instituciones en términos ambientales. También del impacto que el conflicto social tiene sobre el propio metabolismo y en su dinámica evolutiva.

En noveno lugar, la cantidad y la calidad de los residuos generados en el proceso metabólico resultan también relevantes para explicar el cambio. Bien es cierto que este factor tiene escaso poder explicativo en la dinámica social y en la dotación de los recursos con anterioridad a la civilización industrial, pero desde el siglo XIX ha ido ganado en capacidad explicativa hasta

convertirse hoy en uno de los factores más relevantes para comprender el cambio y, sobre todo, el conflicto ambiental (lucha contra la contaminación, contra la instalación de industrias contaminantes e insalubres, etcétera...).

Su dimensión concreta acaba por afectar al primero de los factores considerados, bien es verdad que de una manera positiva o negativa. Positiva cuando los residuos entran de nuevo en el metabolismo como recurso (reciclaje) o cuando se depositan en la naturaleza en un estado en el que el reciclaje resulta imposible y suelen requerir de más recursos para acomodarse, disminuyendo las potencialidades del medio ambiente. El efecto invernadero y sus previsibles consecuencias para la fachada mediterránea de la Península Ibérica, una acusada disminución de las precipitaciones y la consiguiente disminución de la capacidad productiva de la agricultura o del turismo, constituyen un buen ejemplo de la relevancia que este factor puede tener en el cambio tecnológico, en el reacomodo de la población, en definitiva en el diseño del metabolismo social.

Finalmente, y en décimo lugar, los historiadores ambientales deben prestar atención al azar, factor este ignorado por las ciencias sociales. Puede interpretarse en un sentido lato: un fenómeno que ocurre por azar, sin una causalidad lógica, y que no puede ser previsto. Pero puede interpretarse también como el resultado lógico (aunque también imprevisible) de las interacciones entre los nueve factores anteriores (lo que daría más de un millón de posibilidades). En el primero de esos factores se incorpora --para complicar y hacer más impredecible el fenómeno-- el propio azar que genera la recombinación de los componentes del medio físico-biológico. Es lo que Holling (1998) llama una "sorpresa" en la propia dinámica interactiva entre la sociedad y la naturaleza. Un ejemplo de ello puede encontrarse en la estrecha relación que en los últimos tiempos está teniendo el crecimiento en intensidad del metabolismo social y el aumento de fenómenos aparentemente azarosos como las catástrofes.

En coherencia con lo dicho, el análisis de los cambios en el metabolismo social encuentra sentido en la combinación de los diez criterios o factores enunciados, cuya articulación y jerarquía específicas son privativas de cada lugar y circunstancia histórica. En ese sentido, el curso evolutivo de la humanidad se asemeja al crecimiento en ramas de diverso grosor, que expresan diferentes niveles de apropiación de la savia (recursos) y cuya representación geométrica sería, nada más y nada menos, que fractal.