



Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza

Víctor M. Toledo

Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, México

vtoledo@oikos.unam.mx

Fecha de recepción: 09/08/2007. Fecha de aceptación: 16/01/2008

Resumen

Poco menos de la mitad de la población humana (2,600 millones en 2004 de acuerdo a la FAO) está involucrada en el *metabolismo rural*, definido éste como el conjunto de actos por medio de los cuales la sociedad se apropia bienes y servicios de la naturaleza. No obstante lo anterior, el fenómeno de apropiación corrientemente identificado como "uso", "aprovechamiento", "usufructo", "explotación" o "manejo" de los "recursos naturales", "ecosistemas", "ambientes", "paisajes", permanece aún sin ser analizado en toda su complejidad como un proceso que es esencialmente ecológico y económico. El presente ensayo propone y desarrolla una interpretación del fenómeno de apropiación de la naturaleza con base en el concepto de *metabolismo social*. Este abordaje permite una doble comprensión del proceso del intercambio material: ecológica y económica, y facilita la indagación de su génesis, su historicidad y su dinámica. A partir de éste abordaje, se propone un marco conceptual para el análisis económico y ecológico del fenómeno de apropiación que permite la construcción de una metodología interdisciplinaria y multi-escalar y de un modelo que integra flujos monetarios, de trabajo, materia, energía, bienes y servicios, y que los ubica dentro de espacios naturales y sociales bien definidos y concretos. La revisión de los principales factores y variables que afectan el equilibrio dinámico del proceso de apropiación, sugieren el desarrollo de una teoría económico-ecológica dirigida a entender las dinámicas, los patrones y los conflictos de las áreas rurales.

Palabras clave: Metabolismo social, Metabolismo rural, Economía-ecológica, Apropiación de la naturaleza, Áreas Rurales.

Abstract

Almost half of the human population (2,600 millions in 2004 according to the FAO statistics) is involved in the *rural metabolism*, here defined as the ensemble of actions through which human societies carry out the appropriation of nature's elements, functions and services. Despite the above, the phenomenon of appropriation of nature actually defined as "use", "exploitation", or "management" of "natural resources", "ecosystems", "environments" or "landscapes" remains with no analysis about its complexity as an ecological and economic process. This paper proposes and develops an interpretation of the phenomenon of human appropriation of nature based on the concept of *societal metabolism*. The adopted approach allows a double comprehension of the phenomenon (ecological and economic), and provide the survey of its genesis, history and dynamics. Derived of the adopted approach a conceptual framework is developed, which induce a interdisciplinary and multi-scale methodology that allows the integration of flows of labor, money, materials, energy, goods and services. The obtained model identifies the flows within well-defined and concrete social and natural spaces. A brief review of the factors affecting the dynamic equilibrium of the process of appropriation of nature, suggest the construction of an ecological-economic theory, which can be useful in the understanding of rural dynamics, patterns and conflicts.

Key words: Social metabolism; Rural metabolism; Ecological-economics; Appropriation of Nature; Rural Areas.

Introducción

Los *intercambios materiales* que realizan los seres humanos con la naturaleza y entre ellos mismos, han venido siendo estudiados desde ángulos distintos por dos disciplinas: la ecología y la economía. Mientras que la ecología realiza el estudio de los intercambios

considerando al ser humano como una especie biológica, es decir, formando parte de la naturaleza, la economía lo hace sobre el reconocimiento implícito de que el hombre es un ente social, un elemento que forma parte de la sociedad. Así, la ecología centra su interés sobre los intercambios materiales que



los seres humanos realizan con el universo natural (sus sistemas, conjuntos, procesos o elementos), mientras que la economía lo hace sobre aquellos intercambios que los hombres realizan entre ellos mismos más allá de la esfera de lo biológico.

Sin embargo, ambos aspectos del intercambio material que a la luz de estos enfoques aparecen como separados, se hallan indisolublemente ligados el uno con el otro en el plano concreto del proceso por el cual los hombres producen y reproducen sus condiciones materiales, es decir en el metabolismo existente entre la sociedad y la naturaleza y, más específicamente, en el acto de apropiación por el cual el proceso general del metabolismo se inicia (véase sección siguiente). Visualizada a través de la historia, tal conjunción es más tangible en aquellas sociedades con incipiente desarrollo de sus fuerzas productivas y es menos visible, aunque no inexistente, bajo las condiciones de las modernas sociedades de carácter industrial.

No obstante lo anterior, existen muy pocos intentos rigurosos para construir enfoques, métodos y marcos conceptuales que permitan el análisis ecológico y económico del fenómeno de apropiación, pues si bien ese no ha sido ignorado en las principales obras de la economía ecológica, su tratamiento ha sido general y ambiguo.

Por otro lado, el fenómeno de apropiación ha sido investigado de manera arbitraria y parcial por antropólogos y ecólogos humanos de un lado y por economistas rurales o agrícolas del otro, cada uno de los cuales arriba a esquemas reduccionistas del fenómeno, alimentando lo que Naredo (1999:47) ha llamado un "diálogo de sordos" entre ecólogos y economistas. Si los primeros pecan de ingenuos al querer reducir el proceso económico a intercambios de energía, los segundos no hacen otra cosa cuando ignoran la dimensión ecológica del fenómeno o lo reducen a una variable, tan fantasmagórica como etérea, comúnmente llamada "tierra", "recursos naturales", "stocks naturales" o simplemente "recursos".

La realidad, al presentarse como un *continuum* donde un cierto material transita sin dificultad alguna de los circuitos de lo natural a los circuitos de lo social o económico, crea la ilusión de que es factible aplicar un solo tipo de análisis que incluya o englobe a ambas dimensiones. Todos los intentos, explícitos o implícitos, por lograr una "teoría unitaria" del proceso de apropiación han fallado porque pretenden reducir la economía a la ecología o viceversa, o porque intentan fundirlas sin reconocer la existencia de dos niveles de análisis. Así por ejemplo, los intentos por expresar el intercambio económico en términos de flujos de energía fallan dado que no existe una equivalencia inmediata entre valores ecológicos y valores económicos. Por ejemplo, la connotación ecológica de energía humana no es automática y directamente traducible a la connotación económica de cantidad de trabajo empleada en la apropiación, dado que la primera lo hace abstrayendo al productor de por ejemplo su contexto social o histórico y considerándolo solamente como una especie biológica, es decir, como parte de un ecosistema, en tanto que la segunda lo valoriza como trabajo humano indiferenciado, es decir, como fuerza de trabajo de la sociedad. "No es el gasto individual de trabajo el que crea el valor, sino solamente el gasto de trabajo reconocido como socialmente necesario por el mercado" (Mandel 1969: 314).

De esta forma todo el análisis energético (la "obsesión calorífica" como le llamó Moran, 1990:17) tan en boga entre los antropólogos y ecólogos humanos en la década de los setenta y los ochenta del siglo pasado (Giampietro 2004:210-211), que mide esfuerzos y rendimientos en términos de kilocalorías, no puede ser adecuado más que en aquellas situaciones en donde todo lo producido es consumido por la propia unidad que los produce (economías naturales o de subsistencia); véase por ejemplo Rappaport (1971). En condiciones de mayor complejidad, aparecen ya en la escena categorías económicas cualitativamente diferentes como la fuerza de trabajo, que aunque puede ser expresada como energía



humana, en la perspectiva de una economía de mercado es medida como la cantidad de esfuerzo social medio.

Similarmente, aún los análisis más meticulosos del fenómeno de apropiación realizados por economistas agrícolas o rurales dejan fuera toda la dimensión ecológica al ignorar o soslayar las condiciones y peculiaridades de los ecosistemas (sus componentes, dinámicas y procesos) que sirven de base material a la apropiación. Este es el caso del marco conceptual propuesto por Deere y de Janvry (1979) para estudiar los hogares campesinos, o los análisis muy en boga hoy en día de Taylor y colaboradores (Taylor y Adelman 2002) a partir de la llamada matriz de contabilidad social (SAM por sus siglas en inglés) que es una adecuación del análisis de input-output al estudio de hogares y comunidades rurales.

En un intento por remontar las limitaciones anteriores, éste artículo propone y desarrolla un marco conceptual y una metodología con base en el concepto de metabolismo social, e identifica las principales variables y factores que al parecer determinan el proceso de apropiación de la naturaleza. La propuesta se hace en tres etapas: primeramente se explica el abordaje teórico teniendo como eje el concepto general de metabolismo social, enseguida se construye un marco conceptual que cobra realidad en un modelo de flujos; finalmente se revisan las principales variables y factores que al parecer entran en juego y que por lo mismo deben ser reconocidos y ponderados durante un análisis integral del fenómeno de apropiación.

El metabolismo social

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 reconocida 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 sociales sino que son también afectados por los fenómenos de la naturaleza.

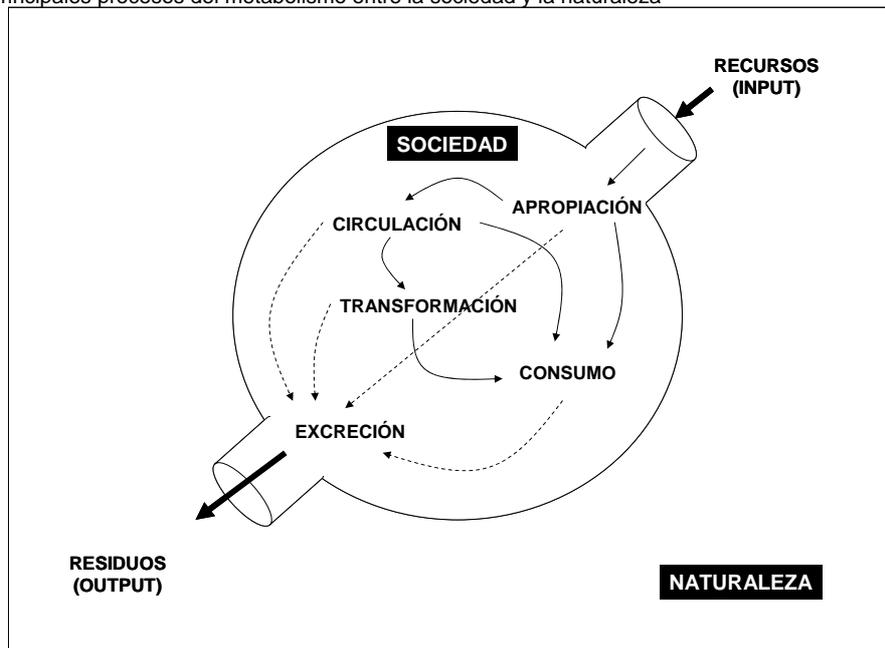
Las sociedades humanas producen y reproducen sus condiciones materiales de existencia a partir de su *metabolismo* con la naturaleza, una condición que aparece como pre-social, natural y eterna (Schmidt 1976). En otras palabras... "El metabolismo entre la naturaleza y la sociedad es independiente de 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 (véase Figura 1). El proceso general metabólico se ve entonces representado por esos cinco fenómenos que son teórica y prácticamente distinguibles.

Al realizar estas actividades, los seres humanos consuman 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 mundo 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 transforman 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



Figura 1. Los cinco principales procesos del metabolismo entre la sociedad y la naturaleza



Fuente: Elaboración propia

sociales y humanas al que nos tiene condenado la práctica dominante del quehacer científico (Naredo 1999; Morin 2001; Wallerstein 2000). Por el otro, porque inserta esta visión abstracta en la dimensión concreta del *tiempo* y del *espacio* (planetario), es decir, sitúa cada fenómeno social y natural en un contexto donde la posición y la escala tanto como el momento y la duración, se vuelven también factores determinantes.

Las relaciones que los seres humanos establecen con la naturaleza son siempre dobles: individuales ó biológicas y colectivas ó 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 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 Lotka (1956) y después Margalef (1993) han llamado *energía endosomática* y *energía exosomática*, una distinción con valor axiomático para los fundamentos de la economía ecológica (Georgescu-Roegen 1971; 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 (véase una discusión de estos conceptos y su aplicación en Giampietro 2004).

La historia de la humanidad no es entonces más que la historia de la expansión del socio-metabolismo más allá de la suma de los bio-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 (Giampietro 2004). 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, vestimentas y materiales para la vivienda, 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 (Naredo 1999, 2000). Así, a escala global la extracción de recursos minerales (combustibles fósiles y minerales metálicos y no metálicos) medido en tonelaje, 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 (Naredo 2000).

En los últimos años, el concepto de metabolismo se ha extendido notablemente, dada su importancia como herramienta teórica y metodológica (Fisher-Kowalski 1997). No obstante, el 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), entre los que pueden incluirse los sociólogos clásicos (Padovan 2000) y especialmente por Marx, quién lo utilizó como una de sus principales categorías en el análisis del capitalismo (Schmidt 1976; Martínez-Alier 2004). Los efectos que el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza tiene sobre aspectos tales como la salud humana, el desarrollo social y el crecimiento económico han sido discutidos con cierto detalle por algunos autores (e. g. Ayres & Simonis 1994; Daily 1997; Opschoor 1997).

La apropiación de la naturaleza

El acto de apropiación que inicia todo metabolismo entre la sociedad y la naturaleza (véase Figura 1), puede ser definido como “el proceso por medio del cual los miembros de toda sociedad se apropian y transforman ecosistemas para satisfacer sus necesidades y deseos” (Cook 1973), y se refiere al momento, concreto, particular y específico, en el que los seres humanos se articulan materialmente a la naturaleza a través del proceso del trabajo. Conviene distinguir aquí entre la apropiación material y la apropiación

intangible de la naturaleza, pues esta última se refiere al conjunto de acciones por medio de las cuales los seres humanos se articulan con el mundo natural por medio de las creencias, el conocimiento, la percepción, la estética, la imaginación y/o la intuición. Por ello, todo metabolismo tiene en realidad dos dimensiones: una material, tangible o “dura” y otra simbólica, intangible o “suave”, las cuales se mantienen recíprocamente condicionadas durante el proceso metabólico (véase el desarrollo de estas ideas en Toledo y González de Molina 2007).

La apropiación califica entonces el acto por el cual un sujeto social hace suya una “cosa” material, y se aplica en este caso a la acción por la cual los seres humanos extraen un “fragmento de naturaleza” para volverlo un componente social. Es decir, se trata del acto por el cual los seres humanos hacen transitar una cierta cantidad 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, 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. Por ello al análisis de la apropiación, es solamente el primer paso del análisis del proceso general del metabolismo social, una tarea que desborda el campo de la economía ecológica y que atañe a la construcción de una teoría general socio-ecológica de la historia (véase González de Molina y Toledo 2004).

Por todo lo anterior, utilizamos aquí el término de *apropiación de la naturaleza* de manera diferente a como lo han utilizado otros autores, notablemente aquellos ligados con la corriente del estructuralismo marxista como 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. Nuestra definición, en fin, se acerca a la de Ingold



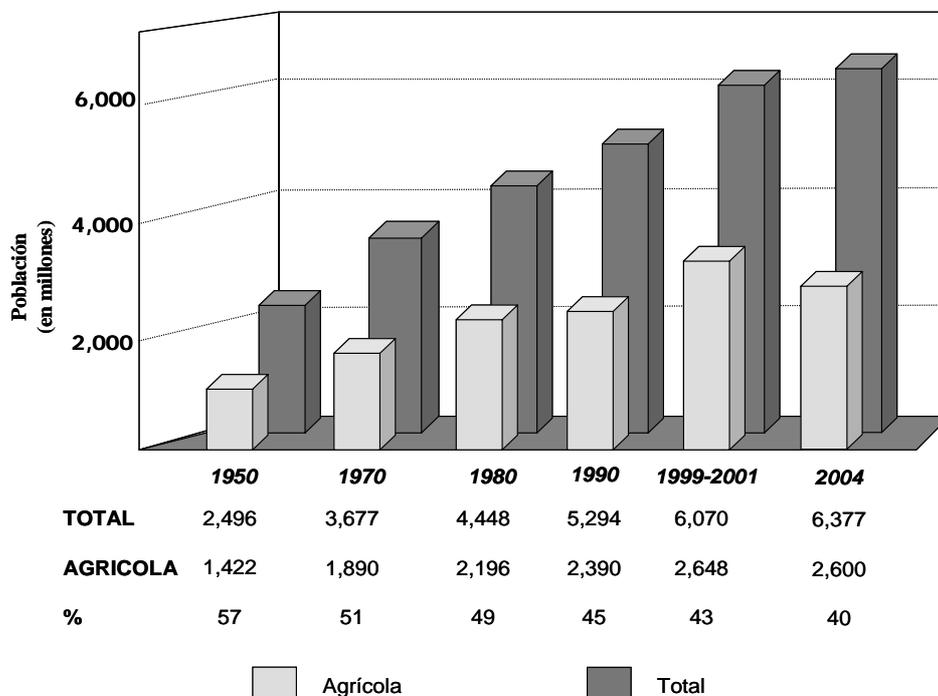
(1987) quién lo considera un concepto clave para diferenciar lo humano de lo animal. Vitousek et al. (1986) y otros autores anglosajones usan el término en un sentido más amplio y general, por lo común circunscrito a la extracción de los llamados “productos de la fotosíntesis” (Carpintero 2007).

¿Quiénes se apropian la naturaleza?

En sus orígenes *todos* los miembros de la sociedad humana se dedicaron, durante su fase productiva, a apropiarse a la naturaleza. Hoy, en la sociedad contemporánea sólo una porción de la población humana está involucrada en el acto de apropiación, y esa porción es considerada en general como el segmento rural del todo social. Lo rural puede entonces definirse como aquel espacio social formado por el conjunto de unidades dedicadas a la apropiación.

De acuerdo con los datos estadísticos proporcionados por la FAO, hacia 2004 un total de 2,600 millones de seres humanos constituían la porción rural de la especie, definida como aquella población que depende para su subsistencia de la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la caza, la extracción, la recolección y la pesca, representando aproximadamente el 40% del total de la población (véase Figura 2). Los datos de las últimas décadas indican que la porción rural del planeta constituyó la mayoría de la población humana todavía hasta 1970, y que no obstante su reducción relativa, la población encargada de realizar la apropiación de los recursos de la naturaleza casi se duplicó al pasar de los 1422 millones en 1950 a los 2600 millones en 2004 (véase Figura 2), expresando la presión que la sociedad humana ejerce sobre los sistemas naturales.

Figura 2. Población total y población agrícola (1950, 1970, 1980, 1990, 1999, 2003, 2004)



Fuente: www.fao.org



La distribución de la población rural por las principales regiones del planeta, revela que la inmensa mayoría de esa se encuentra en los países del llamado Tercer Mundo: China, India, Indonesia y buena parte de los países de Asia, África y América

Latina. Por ello, el 95% de la población dedicada a laborar la naturaleza se encuentra en los llamados “países agrarios” y solo el 5% pertenece a los países industriales. La explicación de este fenómeno radica en los procesos de transformación tecnológica ocurridos durante el último siglo, a través de los cuales se ha ido logrando la industrialización de la agricultura, la ganadería, la pesca y las otras prácticas de apropiación.

¿Qué se apropian los seres humanos de la naturaleza?

Durante su metabolismo con la naturaleza los seres humanos se apropian recursos de dos tipos: *bienes* (renovables y agotables o no renovables) y *servicios*. La energía solar capturada directa o indirectamente (por ejemplo a través del viento, del agua o de las mareas), el agua y la biomasa (la materia producida por las plantas a partir de la energía solar y su transformación por otros organismos) además de ciertas sustancias (como el oxígeno) pertenecen al grupo de recursos renovables. Los minerales (metálicos y no-metálicos), el agua fósil y otros recursos (como ciertos suelos o materiales) son de naturaleza agotable.

Además de bienes (energías, materiales y agua), los seres humanos se apropian servicios (ambientales o ecológicos) que sin ser tangibles o materiales ofrecen condiciones para la producción y reproducción de su existencia. Mientras que los bienes encarnan en “objetos naturales” que son visibles y tangibles, es decir fácilmente percibidos por todo ser humano, los servicios ofrecidos por la naturaleza conforman por lo común procesos de utilidad, de diferente complejidad, que operan a escalas espaciales y temporales diferentes a

las de los seres humanos y que por lo tanto son más difíciles de percibir y reconocer.

Todos los bienes y servicios que la especie humana se apropia de la naturaleza sirven para satisfacer las necesidades de los seres humanos como individuos (energía endosomática) y de los artefactos que los acompañan tales como vestimentas, construcciones, instrumentos, máquinas, fábricas, aparatos, etc. (energía exosomática).

Todos estos recursos (bienes y servicios), sin embargo, solamente existen como partes o fracciones de totalidades o conjuntos que existen en la naturaleza, pues todo espacio natural en realidad está formado por un conjunto de unidades-totalidades con una determinada arquitectura, composición y funcionamiento. La naturaleza es, en efecto, una matriz heterogénea formada por un sinnúmero de ensamblajes, los cuales presentan una cierta estructura y una cierta dinámica que les permite reproducirse o renovarse a través del tiempo, 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-totalidades han sido definidas como *ecosistemas*, y una vez que son identificadas en el espacio alcanzan su expresión concreta en los llamados *paisajes* (o sistemas o unidades de paisajes). Mientras que el concepto de ecosistema constituye la principal aportación teórica y práctica de la ecología, las unidades de paisaje son una contribución de las diferentes corrientes de la eco-geografía y de la ecología del paisaje (e.g. Tricart & Killian 1982; Zonneveld 1995). Se trata de dos elaboraciones teóricas de un mismo fenómeno: la heterogeneidad de los espacios naturales, desembocando en dos diferentes conceptos. Uno abstracto y por lo mismo aespacial; el otro concreto en tanto que es determinado por la posición y por la escala.

Lo anterior, fue el resultado de más de un siglo de investigación científica dirigida a integrar los procesos biológicos, físico-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 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.

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 como el reservorio o depósito último de los residuos generados por la excreción), resulta entonces vital para mantener un metabolismo social adecuado, pues toda sociedad solo permanece 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, ni recursos ni “stocks”, sino conjuntos o totalidades de

carácter sistémico u holístico. 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 estructuras, dinámicas, capacidades y umbrales de los ecosistemas que forman la base material de la producción, es decir, del metabolismo, los cuales a su vez se hacen visibles, reconocibles y apropiables en diferentes unidades de paisaje (Holling 2001; Toledo 2006).

Por todo lo anterior, los procesos que realizan los seres humanos agrupados en sociedad suponen la apropiación de unidades-totalidades: *ecosistemas* (en el plano de lo aespacial, lo atemporal y lo invisible) y *paisajes* (en el terreno de lo pragmático, lo visible y lo inmediato). De esta forma es posible arribar a una clasificación y tipología de los bienes y servicios que la naturaleza ofrece (y que los seres humanos se apropian), y que derivan de ciertas funciones ecosistémicas pre-existentes o existentes independientemente de la presencia humana (Daily 1997; de Groot et al. 2002). Por lo anterior es posible reconocer 23 principales tipos de bienes y servicios, procedentes de cuatro funciones ecosistémicas bien demarcadas (de regulación, de hábitat, de producción y de información) (de Groot et al. 2002), que operan como una matriz de lo que la sociedad obtiene de la naturaleza (véase Cuadro 1).

Las tres formas básicas de apropiación

Durante la apropiación los seres humanos realizan tres tipos básicos de intervención en los espacios naturales, cada uno de los cuales impacta o afecta de manera diferente los ecosistemas y paisajes que son objeto de la apropiación, y cada uno de los cuales termina teniendo una expresión territorial o espacial. En el primer caso, la apropiación se realiza sin provocar cambios sustanciales en la estructura, arquitectura, dinámica y evolución de los ecosistemas y paisajes que se apropian. Aquí se incluyen todas las



Cuadro 1. Funciones, y bienes y servicios obtenidos de los ecosistemas

FUNCIONES	PROCESOS Y COMPONENTES DEL ECOSISTEMA
Funciones de Regulación	
Regulación de gases	Papel del ecosistemas en los ciclos biogeoquímicos (e.g. balance CO ₂ /O ₂ , capa de ozono, etc.)
Regulación climática	Influencia de los procesos biológicos y no biológicos sobre el clima (e.g. producción de dimetil-sulfuro [DMS])
Prevención de disturbios	Influencia de la estructura de los ecosistemas en la prevención de disturbios ambientales
Regulación del agua	Papel sobre el flujo y descarga de los ríos
Aprovisionamiento de agua	Filtración, retención y almacenamiento de agua dulce
Conservación de suelos	Papel de las raíces y la biota edáfica en la retención de suelos
Formación de suelos	Intemperismo en rocas y acumulación de materia orgánica
Regulación de nutrientes	Papel de la biota en el almacenamiento y reciclaje de nutrientes
Tratamiento de desechos	Papel de la flora y la fauna en la remoción o eliminación de compuestos y nutrientes de desecho.
Polinización	Papel de la biota en el movimiento de gametos florales.
Control biológico	Control poblacional a través de relaciones alimenticias
Funciones de Hábitat	
Funciones de refugio	Espacio para la supervivencia de plantas y animales silvestres
Funciones de crianza	Espacio para la adecuada reproducción de las especies
Funciones de Producción	
Alimento	Conversión de energía solar en plantas y animales comestibles



Materia prima	Conversión de energía solar en biomasa para construcción y otros usos
Recursos genéticos	Material genético y evolución de la flora y fauna silvestre
Recursos medicinales	Sustancias (bio) químicas y otros usos medicinales
Recursos ornamentales	Flora y fauna con potencial de uso ornamental.
Funciones de Información	
Información estética	Características ambientales atractivas
Recreación	Paisajes con potencial para uso recreativo
Información cultural y artística	Entorno natural con valores culturales y artísticos
Información espiritual e histórica	Entorno natural con valores espirituales e históricos
Ciencia y educación	Entorno natural con valores científicos y educativos.

Fuente: de Groot et al. 2002

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 la acción humana 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 acción humana estos "ecosistemas artificiales" 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", o de una naturaleza "no-colonizada" y "colonizada".

Debe señalarse, además, que bajo estas dos modalidades de uso de la naturaleza pueden realizarse igualmente actividades que son dañinas o benignas desde el punto de vista ecológico: por ejemplo una cacería o pesca depredadoras o no en el primer caso, o una agricultura o ganadería destructiva o de tipo orgánico u holístico en el segundo.

En las últimas décadas la acción 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, cuyo mantenimiento resulta de utilidad porque genera servicios tales como el mantenimiento de la diversidad biológica y genética y del



clima local, regional o global, la captación de agua, la captura de carbono, el esparcimiento, la educación, la contemplación y la investigación científica. Este tercer caso se distingue por ser la acción humana una suerte de "no-acción", en el que se suprime todo acto de extracción de bienes del objeto de la apropiación, al cual se busca preservar o proteger por su valor como suministrador de servicios.

El metabolismo en el espacio: los tres mega-ambientes

Estas tres modalidades de apropiación de los ecosistemas, permiten distinguir en el espacio planetario, tres grandes tipos de ambientes o mega-paisajes: el medio ambiente utilizado (MAU), el medio ambiente transformado (o domesticado) (MAT) y el medio ambiente conservado (MAC). Entre estos tres tipos de paisajes, casi siempre se logran distinguir formaciones transicionales o intermedias; por ejemplo, bosques o selvas humanizadas (sistemas agroforestales tropicales), o áreas de vegetación natural usadas como potreros, o porciones acuáticas semi-manejadas.

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. Y es en estos seis sectores (el industrial, el 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.

P: la unidad básica de apropiación

Los seres humanos realizan el acto de apropiación mediante unidades sociales y productivas de diferente naturaleza, escala y potencia. Por ejemplo una comunidad, una cooperativa, una familia, una empresa o corporación privada o pública, o en fin, un individuo que compra fuerza de trabajo, es decir que es un propietario que contrata

trabajadores. A lo largo de la historia es posible identificar estas unidades (P) como conjuntos de individuos que usufructúan, poseen, dominan o son propietarias de un "fragmento de naturaleza", el cual trabajan para subsistir.

Toda unidad de producción rural es en el fondo una unidad de apropiación (P), y se halla situada en la intersección de lo "natural" y lo "social" dado que ocupa la parte más periférica (el sector primario) de una determinada totalidad social. Ella forma, junto con el resto de unidades, la "membrana" a través de la cual las sociedades se apropian de manera directa una fracción de la naturaleza. Dada esta concepción, y teniendo presente lo visto anteriormente, toda unidad de producción rural se articula a cuatro "universos" medio ambientales durante el acto de apropiación, cada uno de los cuales tiene una representación en el espacio y con cada uno de los cuales se relaciona materialmente: los tres medios ambientes de la sección anterior (MAT, MAU y MAC) y el medio ambiente social (MAS) que es cualquier porción de la sociedad diferente de P, con la cual P realiza intercambios materiales.

Los tres primeros medios ambientes constituyen espacios naturales concretos, formados de unidades espaciales (ecosistemas y/o paisajes) y corresponden al mundo de lo "natural", es decir, están ubicados "hacia afuera" de la totalidad social. El cuarto en cambio corresponde al mundo de lo "social" dado que se ubica dentro de esa totalidad, y conforma un espacio social formado por todas aquellas instancias de la sociedad con las cuales P realiza intercambios.

El metabolismo rural: un modelo de flujos

El abordaje económico-ecológico de la apropiación obliga a elaborar una *topología* del proceso (Godelier 1978:764). La apropiación es una categoría tanto teórica como práctica, por lo que dicho proceso puede ser empíricamente reducido a flujos monetarios, de bienes (materiales, energías,



agua), trabajo, servicios e información (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.

Esta representación espacial del fenómeno de apropiación debe responder a por lo menos tres exigencias: (i) debe tener una mínima coherencia o robustez conceptual; (ii) debe ser lo menos arbitraria posible al trazar los límites o cortes de la realidad que se representa; y (iii) debe ser explícita en cuanto a las categorías, parámetros y variables utilizados en el modelaje, los cuales deben ser identificables, obtenibles y cuantificables.

Por lo visto anteriormente P realiza intercambios con tres principales conjuntos de unidades de paisaje, y con el resto de la sociedad. El medio ambiente utilizado (MAU) se halla representado por el conjunto de unidades (generalmente identificados por la vegetación, el relieve y los suelos, y por otros factores en el caso de lo acuático) que siendo dominio o propiedad de la unidad P, operan como *objetos de trabajo*, es decir, son aquel fragmento de naturaleza que se apropia sin provocar un quiebre en la estructura ecosistémica de las unidades que se apropian. El medio ambiente transformado (MAT) está formado por todas aquellas áreas o espacios que siendo dominio o propiedad de la unidad P se encuentran dedicados a la agricultura, la ganadería, las plantaciones forestales, la acuicultura, etc., es decir, por los ecosistemas artificiales que no son ya sino *medios de trabajo*, naturaleza ya mediada por la acción humana. El medio ambiente conservado (MAC) incluye a todas aquellas áreas que P mantiene consciente y deliberadamente como "reservas naturales", como áreas intocadas y que no ofrecen bienes sino diversos servicios. Por último, el medio ambiente social (MAS) está constituido por todos aquellos sectores de la totalidad social que estando fuera de los límites de la unidad P realizan algún tipo de intercambio con dicha unidad de apropiación. Estos sectores de la sociedad quedarían definidos en cada caso concreto por la naturaleza de los intercambios que la unidad P realiza, los

cuales pueden ir desde un nivel local o regional (por ejemplo, el intercambio comunidades similares o en un mercado regional) hasta nacionales o internacionales (cuando como sucede en la actualidad la unidad puede recibir o producir materiales de importación o exportación).

Los flujos

Un modelo de flujos logra construirse al quedar ensamblados estas cuatro unidades de paisaje (MAU, MAT, MAC y MAS) con la unidad P por medio de diferentes tipos de intercambios materiales que aunque distintos en su naturaleza fluyen entre estos cinco ámbitos y los convierten en las partes de una totalidad o de un sistema (véase Figura 3). El flujo F_0 , representa la fuerza que toda unidad P ejerce con el fin de realizar la apropiación, de vencer una resistencia intrínseca en los ecosistemas y apropiarse los recursos potenciales que permanecen en ellos. Por lo anterior se debe reconocer que para cada situación particular existen diferentes resistencias ecosistémicas (dadas por las condiciones específicas, fisico-químicas, biológicas y geológicas, de lo que se apropia) ante una misma acción. Surge aquí como un supuesto fundamental la aparente regla de que entre mayor es la afectación provocada a los ecosistemas por el acto de apropiación mayor será el nivel del esfuerzo requerido por P para apropiárselos. El supuesto anterior puede también formularse de otra manera: como la necesidad de crear sistemas ecológicos humanizados o útiles lo más parecidos en estructura y dinámica al ecosistema original modificado o removido.

La activación de F_0 inicia el proceso de apropiación, y es una acción humana planeada y dirigida a obtener un flujo de retorno (bienes y/o servicios útiles). Dado lo anterior el flujo F_0 se despliega a su vez en tres sub-flujos (F_{0a} , F_{0b} y F_{0c}) según se dirija a apropiarse componentes y/o procesos del MAT, MAU y MAC. De todos los flujos identificados éste es el más problemático pues no se deja definir fácilmente. De acuerdo a Giampietro (2004:213-217), la acción humana que desencadena el proceso



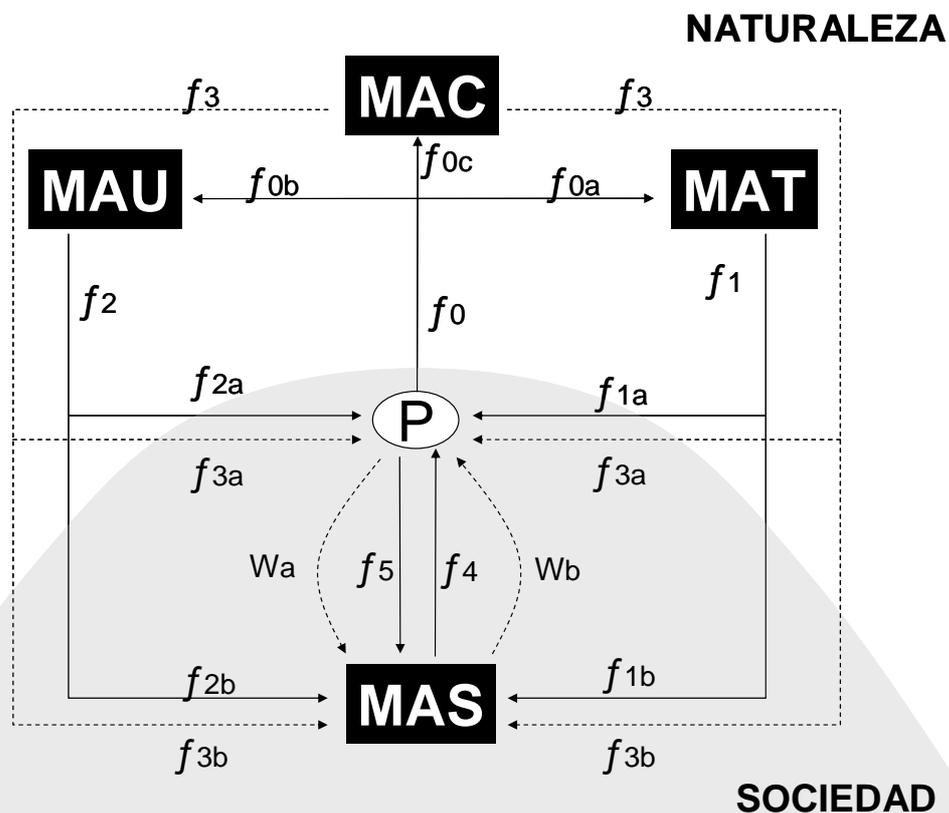
apropiador se puede identificar como *energía, trabajo o fuerza*, cada uno de los cuales conlleva una cierta ambigüedad como categoría física. Aún la adopción del concepto de energía como parámetro para cuantificar a F_0 contiene varias contradicciones y ambigüedades (véase Giampietro y Pimentel 1990: Giampietro et al. 1992, 1993).

Un supuesto central es el reconocer que el “esfuerzo” realizado durante la apropiación por parte de P , sea definido como energía, trabajo o fuerza, debe considerar el “esfuerzo” utilizado en la construcción y el mantenimiento de la estructura que permite la aplicación de ese “esfuerzo” (Giampietro 2004). Este aspecto está indisolublemente ligado al tipo de energía desplegado por P como flujo F_0 , pues una cosa es realizar la apropiación utilizando solamente la fuerza humana (energía muscular) y otra el agregar además fuerza animal, solar directa (captadores de energía solar adaptados a instrumentos) solar indirecta (por ejemplo diseños movidos por viento, agua o combustión de biomasa) derivada de combustibles fósiles (máquinas movidas por

carbón mineral, petróleo o gas).o nuclear. Más allá de las particularidades el flujo F_0 puede ser evaluado en función del tiempo que se emplea para realizar una acción que busca un flujo de retorno, y éste parámetro parece ser suficiente para realizar una ponderación cuantitativa del sistema por entero.

Existen tres flujos de retorno (F_1 , F_2 y F_3) cada uno proviniendo del MAT , MAU y MAC respectivamente. Estos flujos están constituidos o por bienes (materiales, energías, agua) y/o por servicios (los identificados en una sección anterior). Mientras que del MAT y el MAU se obtienen bienes y servicios diversos, del MAC solo surgen servicios, pues esta entidad se mantiene como un espacio “íntocado”, cuya sola presencia es percibida y reconocida como de utilidad. Cada flujo de retorno se desdobra a su vez en dos sub-flujos según se dirija a satisfacer necesidades de la propia unidad P (F_{1a} , F_{2a} , F_{3a}) o bien circulen y entren a los circuitos de otras esferas sociales (MAS) diferentes a P (F_{1b} , F_{2b} y F_{3b}).

Figura 3. Modelo de flujos que sintetiza los intercambios que realiza P con la naturaleza y el resto de la sociedad (véase texto)
Fuente: Elaboración propia





Finalmente el flujo F4 es el que va del MAS a P, y surge por lo común, aunque no exclusivamente, como un flujo de retorno a lo recibido desde P (los tres sub-flujos F1b, F2b y F3b). El flujo F4 puede también originarse “espontáneamente”, por ejemplo, en forma de subsidios o donaciones de parte de una institución pública, social o privada (bancos, casas de beneficencia, agencias gubernamentales, otras P) ya sea en especie, dinero o ayuda solidaria. El flujo F4 resulta excepcional porque inserta un nuevo elemento: las mercancías, que son bienes y servicios valorados por medio del dinero. Por lo tanto este flujo es el que introduce la monetización del sistema. Ello hace surgir un quinto flujo (F5) por el cual P emplea el dinero obtenido de su venta de sus mercancías para comprar otras mercancías requeridas, y con ello desencadena el surgimiento de un nuevo ámbito de intercambio (mercantil) entre el MAS y P, medido, mediado y determinado por el valor económico de lo que se intercambia.

El modelo de flujos termina de construirse cuando se introducen dos últimos componentes: la fuerza de trabajo y la capacidad de transformación de P. En el primer caso debe considerarse tanto la cantidad de trabajo que P vende al MAS (flujo W_a) como la cantidad de trabajo que P compra del MAS (flujo W_b). En ambos casos se trata de trabajo convertido en mercancía, es decir, valorada por un mercado de trabajo específico y particular, situación que se da como resultado de una anomalía de P, en la que como unidad de producción y de reproducción social se ve obligada a echar mano de ingresos provenientes de una esfera metabólica diferente al de la apropiación o bien a solicitar ayuda de otros actores que no pertenecen a P.

El último aspecto concierne a la capacidad de transformación (t) que tiene P sobre los bienes extraídos del MAT y el MAU (por ejemplo: frutos transformados en conservas, mermeladas o compotas, maderas convertidas en utensilios o muebles, peces o carnes preservadas) y que en sentido estricto son el resultado de la aplicación de un esfuerzo de P que no corresponde estrictamente al flujo F_0 , es decir, que no

forman parte del acto mismo de apropiación sino de transformación en el proceso general del metabolismo. Debe notarse que por no considerarlos significativos el modelo de flujos no considera los desechos, emisiones y residuos resultantes de la excreción de P y el MAS, pero que estos pueden integrarse, como contra-flujos a los flujos de retorno, en el caso de ser necesario.

El equilibrio dinámico

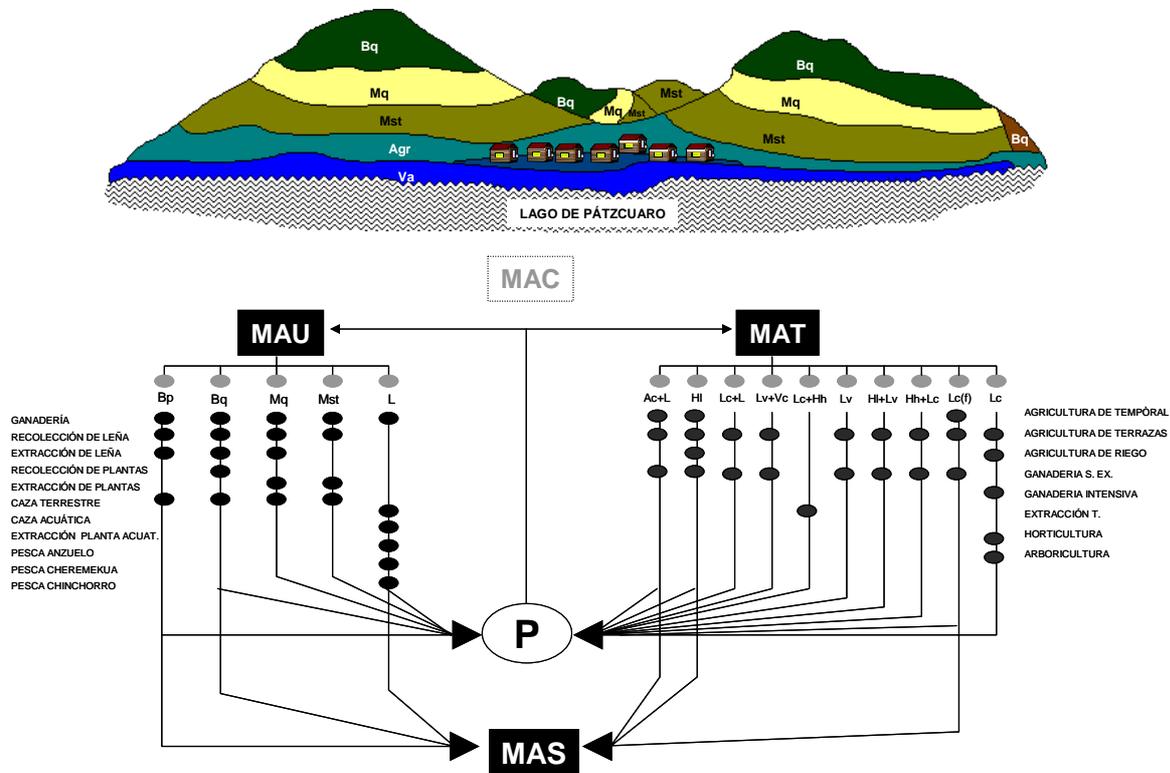
El modelo de flujos opera como un marco conceptual para el análisis ecológico y económico de la apropiación de la naturaleza, y es teóricamente de aplicación universal (véanse ejemplos en la Figura 4 y en los trabajos de García-Frapolli et al. 2008 y Córdón y Toledo 2008 en éste número). Desde el punto de vista teórico, el modelo de flujos revela la existencia de un equilibrio dinámico, que permite el mantenimiento de dicho proceso a lo largo del tiempo, y también permite develar y distinguir las fuerzas que operan como variables y factores estabilizadores o disolventes, positivos o negativos, de ese equilibrio. Existen al menos seis ámbitos donde estas variables y estos factores actúan.

a. Intercambios ecológicos e intercambios económicos

El modelo de flujos revela, antes que todo, la existencia de dos tipos diferentes pero acoplados de intercambios materiales. Las dos sombras que se intersectan en torno a P en el esquema de la Figura 3, reflejan la existencia de los dos dominios, esferas o “campos gravitacionales” dentro de los cuales P existe y se reproduce. P se comporta como una *especie biológica* más en tanto consume todo lo que produce y produce solamente para consumir. En este caso su permanencia y reproducción dependen de su habilidad para obtener sin agotarlos los bienes y servicios que requieren los miembros de P. Este intercambio ($F_0/ F_{1a}+F_{2a}+F_{3a}$) dependerá entonces de la eficacia de su fuerza de trabajo (F_0) para obtener flujos suficientes y constantes de bienes y servicios del MAT (F_{1a}), MAU (F_{2a}) y MAC (F_{3a}), un



Figura 4. El modelo de flujos permite ordenar los intercambios que una comunidad rural (Tzintuntzan) de la región indígena de la cuenca lacustre de Pátzcuaro, México realiza tanto con los tres medios ambientes (MAU, MAT y MAC) como con el resto de la sociedad (MAS), ubicando cada actividad que en conjunto conforma el proceso de apropiación. Para este caso las unidades de paisaje del MAU quedaron establecidas por los tipos de vegetación y el lago (Bp: bosque de pino; Bq: bosque de encino; Mst: Matorral sub-tropical y L: Lago) y las del MAT por las unidades de suelos utilizados para la agricultura y ganadería. Nótese que la comunidad no posee superficie alguna conservada (MAC). El modelo, de escala comunitaria, resulta de la suma de los intercambios del conjunto de hogares



Fuente: Elaborado a partir de los datos de Toledo y Barrera-Bassols (1984)

asunto que dependerá de que no sean afectados los procesos y dinámicas que permiten la renovación permanente de los ecosistemas que se apropian. Estamos de lleno frente a una forma de *intercambio ecológico*.

Por el contrario, en el momento en que hace circular ciertos productos de su apropiación más allá de la esfera de su consumo, P se convierte en una *especie social* y su permanencia y reproducción dependerán además de los procesos y dinámicas de los ámbitos donde su producción circula, pues su consumo ya no depende solamente de lo intercambiado con la naturaleza (MAT, MAU y MAC) sino de lo intercambiado con el MAS. En este caso los materiales que se obtienen de esos tres conjuntos de paisajes (F1b, F2b y F3b) son circulados, transformados y/o consumidos por individuos que no pertenecen

a la unidad o célula que los produce (P) sino al MAS, pues o no tienen valor de uso para los miembros de dicha unidad, o bien tienen también valor de uso para el MAS. La eficacia de P está en este caso determinada por su habilidad para obtener flujos suficientes de bienes y servicios del MAS, lo cual dependerá a su vez del tipo de mercado con el que interactúa. Estamos frente al fenómeno del *intercambio económico*.

La sobreposición de estos dos tipos de intercambios en el fenómeno de apropiación no sólo es reconocible sino que constituye un rasgo preponderante imposible de soslayar. Ello supone reconocer en el fenómeno de apropiación ya desdoblado, la existencia de dos procesos que aunque se disocian, se aíslan y hasta se contraponen, continúan formando parte indisoluble de una misma totalidad (*holon*). El proceso productivo



primario (la apropiación) responde pues, en un mismo tiempo, a dos esferas o niveles distintos que se acoplan como dos cristales paralelos, pero situados a distancia uno del otro, y que vienen a representar dos aspectos irreducibles, pero indisociables, de un mismo proceso. Ello sitúa a toda unidad P en medio de dos fuerzas, en diferentes grados de tensión, que la determinan y/o la obligan a actuar de maneras diferentes.

En las sociedades donde sólo se produce para consumir, es decir, ahí donde los seres humanos agrupados en sociedad siguen siendo como una especie más en la naturaleza, el fenómeno productivo se presenta fundamentalmente como un proceso natural. Con el desarrollo de la sociedad, esto es, con el surgimiento del fenómeno del intercambio económico logrado a través de la circulación de lo apropiado por P, el fenómeno productivo adquiere además un nuevo atributo que se superpone, sin suprimirlo, a su carácter natural, pues "...en el metabolismo entre hombre y naturaleza, el aspecto material se impone a sus determinaciones formales históricas, mientras que en el proceso de intercambio, que se basa en el proceso laboral, las determinaciones formales históricas se imponen a su aspecto material" (Schmidt 1976:99-100).

Aceptar que en las sociedades humanas como la banda, la comunidad doméstica o la tribu, antiguas o actuales, el proceso de apropiación sólo es sujeto de ser analizado en términos meramente ecológicos, es reconocer que aun cuando se hallen agrupados en sociedad, dispongan de un vehículo de comunicación representado por el lenguaje, y produzcan cultura a través del conocimiento, el arte, la creencia o la ideología, en el plano de la producción y la reproducción material, los seres humanos se siguen comportando como especie biológica.

En la perspectiva histórica, lo anterior significa que los fenómenos social, cultural y económico no se dan sincrónicamente, y que este último aparece bastante después que los dos primeros, es decir es más reciente de lo que se piensa. Así, al parecer el "ser social"

se aleja del "ser biológico" primero en aquellos rasgos que pueden considerarse como "etéreos" que en los materiales, es decir, primero genera perlas supra-estructurales como secreciones no biológicas (ensoñaciones, ideas, mitos, arte, conocimientos, y relaciones entre los seres) que nuevas estructuras de producción y reproducción material.

Ello supone el reconocer que en un principio la historia transita por un largo periodo *pre-económico*, donde los hombres se articulan por medio de nexos meramente naturales (el intercambio ecológico), es decir, a través de relaciones naturales de producción (consecuencia del carácter meramente ecológico de sus procesos productivos) y que no es sino hasta con la aparición del intercambio económico, es decir, con la circulación de los materiales más allá de la célula que los produce (P), que la historia de la sociedad humana entra de lleno a su fase plenamente económica.

Sin embargo, el intercambio económico no aparece súbitamente en la historia. Por el contrario éste aparece después de un largo proceso de gestación y maduración que se remonta justo hasta las primeras sociedades (Meillassoux 1972). Ya en la horda y en la comunidad doméstica que en sentido estricto no son entidades cerradas o autárquicas, existen ciertas formas de intercambio que aunque se realizan entre diferentes unidades productivas, no adquieren aún el rango de económicos. Los bienes donados por razones de amistad o parentesco, los materiales intercambiados en función de un pacto de amistad o de una alianza pacificadora, los dotes cedidos en las transacciones matrimoniales, no pueden ser considerados en sentido estricto como intercambios económicos. En ninguno de estos casos, "...es posible la confrontación de lo producido (por lo que) los objetos no pueden ser medidos los unos en relación con los otros. Ningún valor de cambio puede aparecer bajo estas condiciones" Meillassoux 1960:64).

Desde un punto de vista teórico, puede asegurarse que el intercambio económico aparece con el objeto de acoplar economías



complementarias, es decir, con el fin de satisfacer necesidades que no pueden ser cubiertas sólo por el intercambio ecológico. En la medida en que los ecosistemas contenidos en los tres paisajes (MAT, MAU y MAC) proporcionan a la unidad productiva P todos o casi todos los materiales que requiere para su reproducción, dicha unidad no se verá obligada a acudir al intercambio con otras unidades. Pero bajo aquellas condiciones donde los ecosistemas por sus propias características no son capaces de suministrar más que una parte de los medios de subsistencia, o donde el costo de su apropiación resulta muy elevado, el intercambio con otras unidades productivas se verá favorecido y estimulado.

En su versión más simple y primigenia, el intercambio económico aparece entonces como la transacción de materiales equivalentes y complementarios realizada entre dos unidades de producción homologas (P y P'). Y es a partir de este momento, cuando los procesos productivos de cada unidad aparecen ya condicionándose mutuamente, que el influjo de una pléyade cualitativamente nueva de elementos inciden sobre dichos procesos productivos. No sólo la producción, sino también el consumo, comienzan a responder a factores que no corresponden ya al ámbito de los intercambios ecológicos. Por un lado, una parte de la producción debe excluirse del auto-consumo, y por el otro, una parte del consumo comienza a depender de lo que se intercambia en el exterior. El desarrollo progresivo de este metabolismo rural, va poco a poco imprimiendo al proceso productivo un nuevo carácter y lo va sumergiendo paulatinamente bajo las aguas de una nueva lógica. "La repetición constante del intercambio hace de él un proceso social regular. Con el paso del tiempo es forzoso que se produzca por lo menos una parte de los productos del trabajo con la intención de volcarlos en el intercambio. A partir de este momento se reafirma, por una parte, la escisión entre la utilidad de las cosas para las necesidades inmediatas y su utilidad con vistas al intercambio. Su valor de uso se desliga de su valor de cambio. De otra parte,

la proporción cuantitativa según la cual se intercambian, pasa a depender de su producción misma" (Marx 1975:107-108).

El intercambio económico promovió y generó la división del trabajo, la propiedad privada y nuevas relaciones (sociales, jurídicas, culturales) entre los seres humanos y apareció la moneda y con ella el comercio adquirió pleno reconocimiento. Del simple intercambio entre unidades productivas vecinas, se llegó al intercambio a través de mercados regionales, nacionales e internacionales (véase Figuras 5 y 6). Finalmente, el intercambio económico se universalizó y alcanzó su momento más álgido y toda su plenitud bajo el capitalismo. De esta forma, el proceso de apropiación/producción presenta ya rasgos que desbordan las leyes meramente ecológicas y existen nuevas interpretaciones y nuevos métodos para interpretarlas. El análisis económico aparece de lleno.

De la misma revisión se desprenden dos conclusiones sumamente importantes: (a) Antes de devenir un fenómeno económico, el proceso de apropiación fue un fenómeno ecológico, es decir, lo económico no surge del vacío ni nace por "generación espontánea"; es el mismo proceso productivo ya metamorfoseado y el que antes respondía a otra lógica, a un diferente conjunto de leyes. Y (b) lo económico se agrega o se superpone a lo ecológico, no lo suprime, de tal forma que todo análisis contemporáneo del proceso productivo debe reconocer, *a fortiori*, ambos aspectos.

b. Valores de uso y valores de cambio

La distinción que hemos realizado en el apartado anterior, fue originalmente reconocida por Marx (1975:51) durante su reflexión sobre la naturaleza bifacética del trabajo contenido en la mercancía, y permite diferenciar dos atributos en los flujos generados: su *valor de uso* y su *valor de cambio*: "En el proceso de intercambio, el valor de uso, producto del metabolismo inmediato entre el hombre y la naturaleza adquiere una existencia desvinculada de toda conexión con su existencia natural, es decir, una existencia como valor de cambio o



equivalente general para volver a la inmediatez a través de este metabolismo social, transformándose nuevamente en valor de uso. Con el tránsito de la circulación al consumo se extingue la determinabilidad social de la mercancía en favor de la determinabilidad natural" (Schmidt 1976:100).

En otros términos, "...el valor de uso de las cosas se realiza por el hombre sin intercambio, o sea en la relación directa entre la cosa y el hombre, mientras que su valor por el contrario, sólo en el intercambio, o sea en el proceso social"....En la medida en que el proceso de intercambio transfiere mercancías de manos en las cuales son no valores de uso, a manos en que son valores de uso, estamos ante un metabolismo social" (Marx 1975:102, 127).

La distinción entre valor de uso y valor de cambio resulta crucial, porque deslinda dos campos o dimensiones dentro de un mismo proceso y muestra que las dinámicas del acto de apropiación responden a dos dominios diferentes pero íntimamente relacionados que requieren por lo tanto de categorías y tratamientos distintos aunque en permanente acoplamiento.

c. Intercambios de equivalentes e intercambios desiguales

Los intercambios materiales, ecológicos y económicos, cuantificados o medidos por algún método, que supone flujos de ida y de vuelta, es decir una acción recíproca, pueden expresar en su balance, equivalencias o desigualdades. Ello tiene efectos sobre la totalidad del proceso. Aquí conviene examinar por lo tanto las consecuencias del carácter de los intercambios entre P y el mundo natural, y entre P y el mundo social, es decir con el resto de la sociedad (MAS).

El intercambio se hace desigual entre P y los tres ámbitos del espacio natural (MAT, MAU y MAC), cuando la unidad de apropiación violenta la capacidad de renovación de los ecosistemas que se apropia, es decir cuando atenta contra la misma base material del acto de apropiación. Por el contrario, cuando P mantiene un flujo de retorno constante ante la aplicación de un esfuerzo constante (F0), se

hace patente una cierta equivalencia (y esta es una expresión de *salud* del sistema de intercambio) que indica que P realiza una apropiación adecuada.

Existen por lo menos tres supuestos derivados de la teoría ecológica que marcan las pautas que debe seguir una apropiación adecuada, es decir un intercambio de equivalentes. En primer término deben reconocerse las unidades ambientales o de paisaje que conforman el predio, parcela, área o espacio (terrestre o acuático) que se pretende apropiar, 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* de cada una de las unidades previamente distinguidas. Si aceptamos que cada ecosistema/paisaje 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 como la "vocación" o las "aptitudes" de las unidades naturales. El último supuesto incluye la adopción de una estrategia adecuada de apropiación con base a los supuestos anteriores. Ello implica *obtener el máximo flujo de retorno del ecosistema/paisaje que se apropia 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 los límites de recuperación de los ecosistemas/paisajes, estará realizando un cierto *forzamiento ecológico*. Este forzamiento conlleva un cierto costo que termina expresándose bien por la disminución del flujo de retorno a corto, mediano o largo plazo, bien por los efectos directos o indirectos de los mecanismos utilizados para evitar esa disminución (por ejemplo el uso de agro-químicos que busca atenuar la pérdida de la fertilidad natural de los suelos, o el



empleo de máquinas para suministrar el agua faltante, o en fin los pesticidas que buscan eliminar las plagas creadas por la propia producción).

En ambos casos se trata del castigo con que la naturaleza penaliza la decisión equivocada de P. 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 rural.

La magnitud del costo depende por supuesto de cada situación concreta y particular, de tal forma que se hace teóricamente posible distinguir los umbrales o límites de los ecosistemas/paisajes que se apropian, y por consecuencia el realizar una apropiación adecuada porque es capaz de auto-regularse ("adaptive management"), es decir de ajustar permanentemente la magnitud, duración e intensidad del acto de apropiación a los ritmos, límites y capacidades de los ecosistemas/paisajes que operan como la base material de dicho proceso (Holling 2001).

En resumen, cada fragmento del espacio natural, cada unidad de paisaje, 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. El intercambio desigual entre P y la naturaleza aparece entonces cuando P extrae más de lo que los ecosistemas/paisajes que se apropian pueden ofrecer sin afectar su propia capacidad de renovación, o sus tasas naturales de recambio o reposición.

En sus intercambios con la sociedad, es decir con el MAS, P puede establecer relaciones de equivalencia, por ejemplo a través del trueque o a través de mercados esencialmente rurales a los cuales se acude a realizar intercambios para complementar o completar el abasto de bienes y servicios de subsistencia (por ejemplo los mercados de regiones campesinas o indígenas), pero también establece relaciones desiguales, generalmente desfavorables a P, como sucede en la actualidad casi sin excepciones en los intercambios con sectores urbanos e industriales. Los intercambios desiguales

alcanzan su máxima expresión en las transacciones económicas entre P y un MAS representado por monopolios o formaciones centralizadoras de mercancías (de bienes, servicios, dinero y trabajo), mecanismo por el cual se concentra y acumula capital.

El intercambio desigual en la esfera de lo económico (flujos F_4 , F_5 y W_0), en el cual se expresa el carácter subordinado del sector rural respecto del urbano-industrial, es decir de la periferia respecto del centro, por lo común hace transferir valor de P al MAS, mediante la sub-valoración de los bienes y servicios provenientes del MAT, MAU y MAC y/o de la fuerza de trabajo de miembros de P (flujo W_0), y de la sobre-valoración de los bienes y servicios que el MAS vende a P, un fenómeno que se ha vuelto un lugar común, especialmente cuando se trata del intercambio entre productores rurales del Sur y consumidores del Norte.

Varios autores, entre los que destaca Palerm (1980: capítulo 8), han agregado otro componente más al descubrir otra forma velada de explotación: cuando P realiza la apropiación bajo racionalidades de subsistencia (tradicionales o campesinas) pero vende sus productos o fuerza de trabajo como mercancías a un mercado dominado por el capital. En éste caso el mercado no reconoce y por lo tanto no paga a P todo lo que la unidad invierte en el autoabasto (flujos F_{1a} , F_{2a} y F_{3a}), algo que equivale a no pagar parte del salario de un trabajador, y que explica porqué los bienes y servicios provenientes de P resultan tan extraordinariamente baratos e incluso gratuitos (por ejemplo captura de carbono, conservación de la biodiversidad o mantenimiento de flujos de agua) en los mercados nacionales y globales.

Arribamos así al reconocimiento de la existencia de dos clases de intercambios desiguales, uno ecológico y el otro económico, articulados en el proceso general de apropiación, que en el fondo representan dos formas distintas pero ensambladas de explotación. Esto ofrece las bases para la construcción de una *teoría de la explotación ecológico-económica* a partir de la cual se



logra entender tanto el deterioro y colapso del proceso de apropiación, como diferentes tipos de conflictos de las zonas rurales (Martinez-Alier 2002). Ello supone comprender cómo la explotación entre sectores sociales provoca la explotación de la naturaleza y viceversa, en sinergias que han sido muy poco reconocidas y analizadas, pues los estudios sobre el tema tienden a ignorar los avances de la ecología política.

d. Consumo endosomático y consumo exosomático

Otro aspecto que resulta decisivo es la distinción entre la producción y el consumo de bienes y servicios dirigidos a satisfacer necesidades bio-físicas de los seres humanos (alimentos, bebidas, estimulantes), y la producción y el consumo de bienes y servicios extra-corporales: sustancias y materiales diversos y combustibles, etc. a partir de los cuales se confeccionan, y construyen vestimentas, utensilios, instrumentos, artefactos, máquinas, viviendas, caminos y carreteras.

Durante el proceso de apropiación, los flujos dirigidos a satisfacer el consumo endosomático y el consumo exosomático, adquieren diferentes connotaciones tanto para la propia unidad P como para los sectores del MAS que funcionan como los consumidores finales de lo generado por P. La producción de alimentos, por ejemplo, se torna esencial en todo metabolismo rural, y lo mismo sucede con el agua. Otros bienes de uso predominantemente urbano o industrial, tales como fibras, combustibles o materiales diversos, con una importancia aparentemente menor, se tornan estratégicos por la necesidad de generarlos de manera masiva, rápida e ininterrumpida. En este contexto resultan de utilidad algunos cálculos como el de la apropiación de la producción primaria neta (Carpintero 2007).

e. La compra y la venta de fuerza de trabajo

El éxito de P a través del tiempo, su permanencia, se expresa mediante su capacidad para lograr su reproducción material y esto es a su vez el resultado de su

exitosa articulación tanto con los procesos ecológicos como con los procesos económicos que lo enmarcan y lo determinan. Inmersa en dos dinámicas diferentes P debe jugar de manera exitosa una doble partida, y de modificar su estrategia ante las cambiantes situaciones; de lo contrario P se enfrenta a la posibilidad de un colapso y de su consiguiente desaparición.

Dentro del contexto anterior, la compra y la venta de fuerza de trabajo conforman indicadores que bien interpretados contribuyen al diagnóstico del estado de P. Por lo común la venta de fuerza de trabajo (W_0) por parte de uno, varios o todos los miembros de P revela una situación deficitaria, en la que los recursos que P obtiene no resultan suficientes, dadas ciertas situaciones ecológicas y económicas, para su permanencia y reproducción. Por ello P se ve obligado a ofrecer su fuerza de trabajo, esporádica, temporal o permanentemente, fuera de los límites de su propio proceso de apropiación. Existen sin embargo situaciones en las que sin mantener una situación deficitaria P vende fuerza de trabajo como complemento a lo que obtiene de su continuo laborar la naturaleza. La integración de los espacios rurales a las dinámicas urbanas e industriales auspiciada por los medios de comunicación (carreteras, correo, radio, televisión, internet, etc.) inducen y facilitan la venta de fuerza de trabajo al acercar las oportunidades que ofrecen otros ámbitos sociales diferentes a P.

Como contraparte, la compra de fuerza de trabajo (W_1) por parte de P, es decir la integración de trabajo asalariado en una parte, la mayoría o todo su ciclo productivo expresa o una situación de superávit real o potencial o una necesidad de carácter técnico. Toda unidad P tiene límites bio-físicos, pues sus miembros por muy numerosos que sean tienen un límite a su capacidad de apropiarse cierta cantidad de recursos, y límites tecnológicos, pues toda tecnología tiene límites físicos en función de la escala (por ejemplo no existen máquinas o diseños tecnológicos capaces de laborar la naturaleza más allá de un cierto número de hectáreas o, en el caso del mar, de capturar



más que un determinado volumen). Por ello, cuando una unidad P utiliza o posee (es propietaria de) extensiones o porciones de naturaleza que desbordan sus capacidades biológicas y/o tecnológicas, P debe integrar a otros seres humanos que no son en sentido estricto miembros de P, para cubrir exitosamente partes o la totalidad del ciclo productivo anual, es decir debe comprar fuerza de trabajo.

Concluyendo, la cantidad de fuerza de trabajo que P compra y/o vende durante el proceso de apropiación, constituye un indicador fundamental durante el análisis ecológico y económico del metabolismo rural.

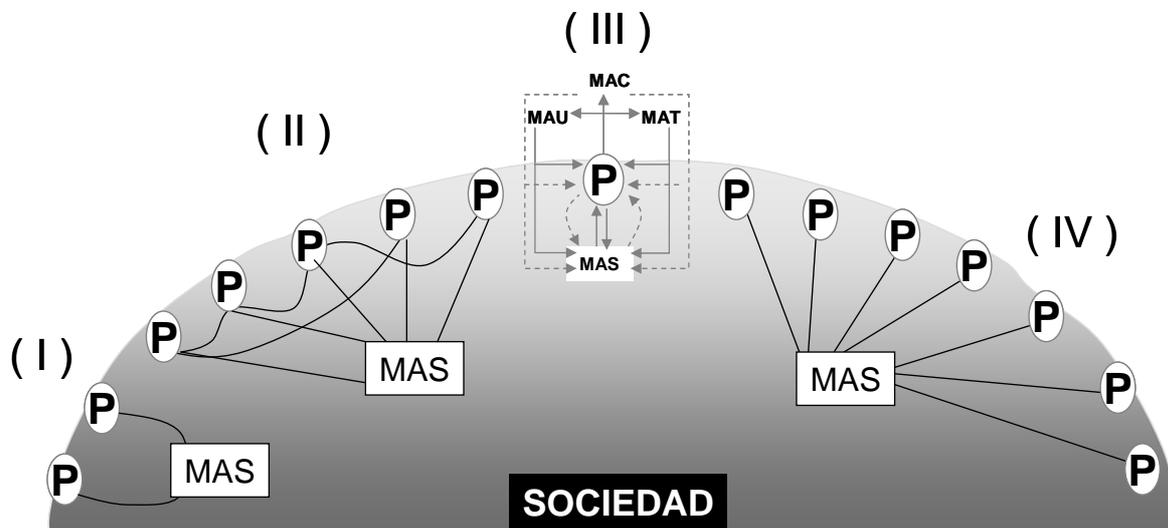
f. Uso múltiple y uso especializado

Para satisfacer sus necesidades P tiene dos opciones extremas y opuestas: u obtiene todo lo requerido de su intercambio ecológico, es decir del MAT, MAU y MAC, lo cual le lleva a adoptar una estrategia de diversificación de actividades a lo largo del año, única manera de obtener toda la gama de materiales, energías, agua y servicios requeridos para su supervivencia; o bien obtiene lo necesitado de su mero intercambio económico, es decir, se especializa en obtener un solo producto de su metabolismos con la naturaleza, cuya valoración económica le permite la monetización que a su vez le permite acumular lo suficiente para adquirir en el mercado, es decir del MAS, todo lo que se requiere para existir.

Estas dos opciones extremas vuelven a P una entidad totalmente dependiente de la naturaleza o del mercado, con todo lo que ello implica. En la realidad este dilema, aunque posible, es más bien raro en el primer caso (autarquía) y bastante frecuente en el segundo, pues el devenir de una economía fincada en la acumulación de capital induce la especialización de P y su dependencia del intercambio mercantil. Entre la autarquía y la dependencia existen sin embargo toda una gama de situaciones intermedias dependiendo del conjunto de factores incidiendo sobre el caso concreto, situaciones que se modifican continuamente a lo largo del tiempo.

Que la estrategia adoptada privilegie el uso diversificado o múltiple o el uso especializado, conlleva diferentes tipos de riesgos para la unidad P y tiene diferentes consecuencias ecológicas y económicas. El uso diversificado dota a P de una mayor capacidad de resistencia frente a las incertidumbres y sorpresas naturales, y una mayor flexibilidad y adaptabilidad ante los riesgos económicos, en tanto que el uso especializado resulta de mayor riesgo frente a las eventualidades tanto ecológicas como económicas porque induce la inflexibilidad y disminuye la capacidad de resiliencia (adaptación a los cambios inesperados) de P.

Figura 5. El análisis trasciende la escala de una sola unidad P (III), cuando se incluyen los intercambios económicos de dos unidades (I), varias unidades (entre ellas y/o con un mercado común) (II), y de varias unidades integradas a un mercado común (IV)
Fuente: Elaboración propia





El uso diversificado resulta más adecuado desde el punto de vista ecológico porque se basa en, reconoce y aprovecha la variabilidad natural (de paisajes, condiciones y especies) que es intrínseca a los ecosistemas que se apropia. Por el contrario, una estrategia especializada suprime toda variación natural (de paisajes, vegetación, climas, suelos, topografía y especies) y convierte el espacio natural en un “piso de fábrica”, desencadenando procesos que, tarde o temprano, se revierten a la unidad P y que requiere de mecanismos de remediación que incrementan el costo de la producción.

La estrategia diversificada dificulta, a su vez, la eficacia de una economía dominada por el capital porque impide la generación masiva y en serie de productos (mercancías), así como las ventajas de la escala en relación a los insumos, los instrumentos y el trabajo aplicados a la producción. Hay pues una contradicción intrínseca entre especialización y flexibilidad, resiliencia y, en última instancia, durabilidad.

Los supuestos anteriores permiten comprender la enorme resistencia y adaptabilidad de las economías campesinas (históricas y contemporáneas) que mantienen a este sector en constante crecimiento (a escala mundial los pequeños productores campesinos de carácter familiar o comunitario casi se duplicaron en las últimas tres décadas; véase Toledo 2005). Toda unidad P de carácter campesino basa su existencia en una estrategia múltiple de apropiación que integra y combina las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y pesqueras, a una escala pequeña, y que incluye como una fracción de su estrategia la generación de productos y/o servicios dirigidos al mercado (Toledo 1990). Por ello el campesinado resiste, subsiste y se recrea, aún en los albores del siglo veintiuno y en plena ebullición industrial y urbana (Pérez-Vitoria 2005).

g. Las escalas del metabolismo rural

La apropiación tiene lugar en una matriz territorial o espacial, la cual contiene varias escalas, lo que hace que los procesos que se estudian se articulen de manera jerárquica. El

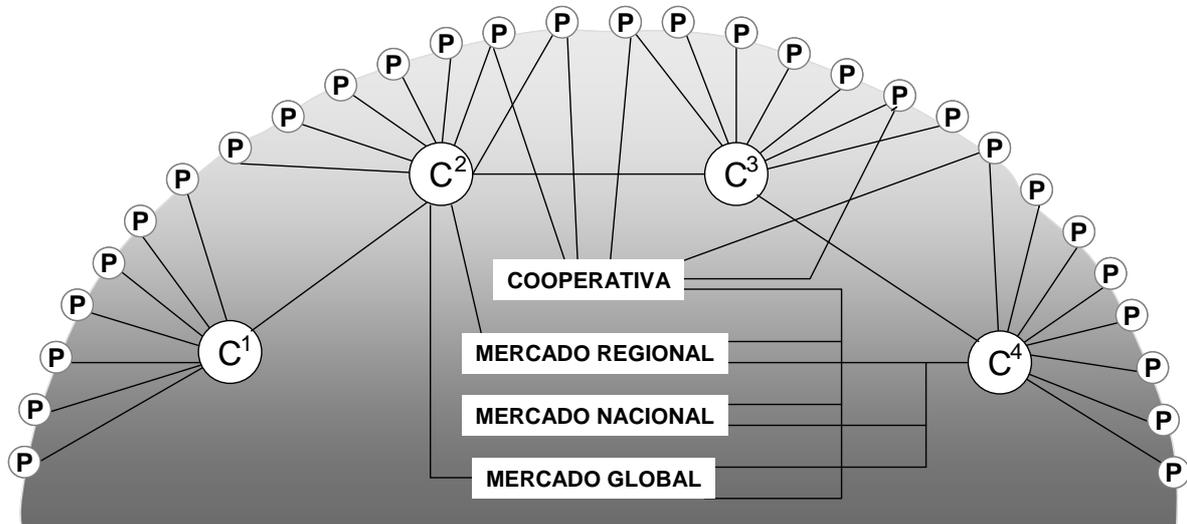
análisis del proceso de apropiación puede entonces realizarse a diferentes escalas, cada una de las cuales se encuentra determinada por y determina a, las otras escalas. Las escalas a las cuales puede analizarse el proceso de apropiación van desde aquella marcada por el examen de una sola unidad de apropiación (P) (matizada por una variación determinada por el tamaño de la propiedad de P), hasta todas las P del planeta, es decir desde lo “local” hasta lo “global”.

En realidad, siguiendo a Zonneveld (1995), en la amplitud de este espectro pueden reconocerse tres principales niveles o escalas, cada una de las cuales responde a diferentes heterogeneidades espaciales. Una primera, conocida como *topológica*, es identificable desde unos cuantos metros cuadrados hasta varios kilómetros cuadrados (mapas hasta 1:25,000) y refleja esencialmente la heterogeneidad vertical (estratos de vegetación, de los suelos, etc.). Esta escala es la que ha sido privilegiada por los estudiosos de los ecosistemas. Una segunda llamada *corológica*, revela la heterogeneidad horizontal que resulta del análisis de conjuntos o mosaicos de unidades topológicas e implica mapas de entre 1:100,000 hasta 1:1,000,000, y es equivalente a un nivel regional o de cuenca hidrológica. Finalmente, la escala *geósferica*, está referida a procesos globales y se expresa en mapas de varias decenas de millones.

El modelo de flujos que hemos definido y descrito permite analizar el proceso de apropiación al nivel de la primera y segunda escalas (rango determinado por el tamaño de la propiedad que contiene los ecosistemas/paisajes que P se apropia), y éste análisis puede irse amplificando gradualmente conforme se van agregando otras unidades P al campo de dicho análisis. La articulación de varias P de un cierto territorio, por ejemplo, un conjunto de hogares pertenecientes a una comunidad rural, permite pasar a un siguiente nivel, y la conexión, siempre a través de los intercambios económicos, de varias comunidades rurales en un municipio o región



Figura 6. Un ejemplo hipotético de análisis multi-escalar aparece cuando se determinan los intercambios económicos que varias unidades P (hogares) realizan dentro de las comunidades a las que pertenecen (C1 a C4), una cooperativa y/o los mercados regionales, nacional y global.



Fuente: Elaboración propia

permitiría realizar un análisis de escala regional (véase Figura 6).

En realidad conforme el analista se mueve en la escala, es decir por los diferentes niveles de agregación de las unidades P, entre esas y con el MAS, van develándose diferentes configuraciones del metabolismo rural en los territorios concretos y, al mismo tiempo, se va descubriendo toda una variedad de articulaciones ecológicas y económicas y las sinergias por ellas desencadenadas. También van revelándose las causas y los efectos que los procesos de diferentes escalas van provocando en dos sentidos: hacia las escalas mayores y hacia las escalas menores.

Debe finalmente señalarse que en cada una de las escalas es posible realizar una representación cartográfica del proceso de apropiación, la cual a su vez puede tener una perspectiva histórica (expresión diacrónica del espacio) (véanse ejemplos en González de Molina y Guzmán 2006; Olarieta et al. 2006; Marull et al. 2006). De esta forma el modelo de flujos que se postula a una escala específica, se va amplificando y enriqueciendo conforme se va ensanchando la mirada del investigador por los contextos

territoriales y sus dinámicas a través del tiempo. Ello significa el ensanchamiento de los espacios geográficos y sociales dentro de los cuales se analizan los metabolismos rurales, sus procesos, y sus articulaciones y sinergias.

Consideraciones finales

Dos décadas después de haber aparecido como una nueva área de conocimiento, la economía-ecológica sigue siendo un campo lleno de ambigüedades, imprecisiones, confusiones y carencias (Ropke 2005). La gran variedad de enfoques, métodos, conceptos y categorías cobijados todos bajo el paraguas de la economía ecológica es una expresión no de riqueza sino de confusión teórica. El principal "pecado capital", la carencia suprema de la economía ecológica, es la ausencia de un concepto general o de un marco conceptual básico alrededor del cual se pueda ir construyendo una teoría, y un conjunto de métodos, procedimientos y categorías de análisis.



Cuadro 2. Matriz de relaciones entre las tres principales dimensiones del proceso general del metabolismo social y los cinco procesos metabólicos.

PROCESOS METABÓLICOS

	<i>Apropiación</i>	<i>Circulación</i>	<i>Transformación</i>	<i>Consumo</i>	<i>Excreción</i>
<i>Metabolismo Rural</i>					
<i>Metabolismo Urbano</i>					
<i>Metabolismo Industrial</i>					

Fuente: Elaboración propia

El presente artículo realiza una contribución en la perspectiva de construir una teoría económico-ecológica a partir del concepto de metabolismo social, una idea cada vez más compartida por diferentes investigadores (véase Toledo 1981; Fisher-Kowalski 1997; Martínez-Alier 2004; González de Molina y Toledo 2004; Toledo y González de Molina 2007). En éste artículo, se ha intentado avanzar solamente en una de los tres campos del proceso general del metabolismo social (el rural, el urbano y el industrial); es decir, se reduce a iluminar uno de los tres segmentos de ese proceso general, cada uno de los cuales expresa con diferentes matices los cinco procesos metabólicos (véase Cuadro 2). Queda pendiente la articulación, en escalas similares, de los análisis de los metabolismos urbano e industrial (por ejemplo Matthews et al. 2000) con lo aquí desarrollado.

Agradecimientos:

La elaboración de este artículo se vio favorecida por tres estancias cortas en la Universidad Autónoma de Barcelona, las cuales fueron posibles gracias a la generosidad de Joan Martínez-Alier. Se agradece la revisión crítica de dos árbitros

anónimos, así como la asistencia técnica de Pablo Alarcón-Chaires.

REFERENCIAS

- Ayres, R. U. & U. E. Simonis (eds), 1994. *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. New York: UNU Press
- Carpintero, O., 2007. La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico. *Ecosistemas*, Vol. 16, No. 3: 25-35.
- Cook, S., 1973. Production, ecology and economic anthropology: notes towards an integrated frame of reference. *Social Science Information* Vol. 12, No. 1: 25-36.
- Cordón, M. R. y V. M. Toledo., 2008. La importancia conservacionista de las comunidades indígenas de la Reserva de Bosawás, Nicaragua: un modelo de flujos. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 7:43-60.
- Daily, G. C. (ed), 1997. *Nature's Services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington, D. C.: Island Press.
- Deere, C. D. & A. de Janvry, 1979. A conceptual framework for the empirical analysis of peasants. *American Journal of Agricultural Economics* 60: 601-611.
- De Groot, R. S., M. A. Wilson & R. M. J. Bouman, 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* Vol. 41, No. 3: 393-408.



- Fisher-Kowalski, M., 1997. Society's metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star. In: M. Redclift and G. Woodgate (eds) *The International Handbook of Environmental Sociology*. London: Edward Elgar.
- , 1998. Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2, No. 1: 61-78.
- & W. Hüttler, 1999. 'Society's Metabolism. The intellectual history of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998'. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 2, No. 4: 107-136.
- García-Frapolli, E., Toledo, V. M. y J. Martínez-Alier, 2008. Apropiación de la Naturaleza por una Comunidad Maya Yucateca: Un Análisis Económico-Ecológico. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 7:27-42.
- Georgescu-Roegen, N., 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- Giampietro, M., 2004. *Multi-Scale Integrated Analysis of Agroecosystems*. London: CRC Press.
- & D. Pimentel., 1990. Assessment of the energetics of human labor. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 32: 257-272.
- , G. Cerretelli & D. Pimentel., 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 38: 219-244.
- , S. G. F. Bukkens & D. Pimentel., 1993. Labor productivity: a biophysical definition and assessment. *Human Ecology* 21: 229- 260.
- Godelier, M., 1978. L'appropriation de la nature. *La Pensée* 198. 7-50.
- González de Molina, M. & V. M. Toledo., 2004. Metabolisms across time: towards a social-ecological theory of historical change. Trabajo presentado en el Seminario de Historia Ambiental, Instituto de Ecología, Xalapa, México.
- y G. Guzmán-Casado., 2006. Tras los pasos de la insustentabilidad. Agricultura y medio ambiente en perspectiva histórica. Barcelona: Editorial Icaria.
- Grünbühel, C. M., 2002. Analysis at the local level. Chapter 5, in: Schandl, H., Grünbühel C., Haberl, H. & H. Weisz. *Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities (IFF), Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management*. Austria Druckerei: Berger.
- Holling, C. S., 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* 4:390-405.
- Ingold, T., 1987. *The Appropriation of Nature*. University of Iowa Press.
- Lotka, A. J., 1956. *Elements of Mathematical Biology*. New York: Dover Publications.
- Mandel, E., 1969. *Manual de Economía Marxista*, Ediciones ERA: México.
- Margalef, R., 1993. *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. Universitat de Barcelona.
- Martínez-Alier, J., 1987. *Economía y Ecología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- , 2002. *The Environmentalism of the Poor: a study of ecological conflicts and valuation*. UK: Edward Elgar.
- , 2004. Marx, energy and social metabolism. *Encyclopedia of Energy* 3: 825-834. Elsevier Inc.
- y J. Roca-Jusmet, 2000. *Economía Ecológica y Política Ambiental*. Fondo de Cultura Económica: México.
- Marull, J., J. Pino, E. Tello y J. M. Mallarach, 2006. Análisis estructural y funcional de la transformación del paisaje agrario en el Vallés durante los últimos 150 años. *Áreas (Revista Internacional de Ciencias Sociales)* 25: 105-126.
- Marx, K. [1867], 1975. *El Capital*. México: Siglo XXI Editores.
- Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W. Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., van der Voet, E. & H. Weisz., 2000. The weight of nations. Material outflows from industrial economies. Washington, D. C.: World Resources Institute.
- Meillassoux, C., 1960. *Essai d'Interpretation du Phénomène Économique dans les Sociétés Traditionnelles d'Autosubsistance*, Cahiers d'Études Africaines.
- , 1972. *Echange*, Encyclopedia Universalis. Paris.
- Moran, E. (ed), 1990. *The Concept of Ecosystem in Anthropology*. The University of Michigan. USA: Ann Arbor.
- Morin, E., 2001. *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Naredo, J. M., 1999. El enfoque eco-integrador y su sistema de razonamiento. En: J. M. Naredo y A. Valero (eds). *Desarrollo Económico y Deterioro Ecológico*. Visor y Fundación Argentaria: Madrid.
- , 2000. El metabolismo de la sociedad industrial y su incidencia planetaria. En: J. M. Naredo & F. Parra (eds). *Economía, Ecología y Sostenibilidad en la Sociedad Actual*. España: Siglo XXI Editores.
- Olarieta, J. R., F. L. Rodríguez-Valle y E. Tello., 2006. Conservando y destruyendo suelos, transformando paisajes (el Vallés, Cataluña, 1853-2004). *Áreas (Revista Internacional de Ciencias Sociales)* 25: 39-66



Opschoor, J. B., 1997. Industrial metabolism, economic growth and institutional change. In: M. Redclift & G. Woodgate (eds) *The International Handbook of Environmental Sociology*. London: Edward Elgar.

Padovan, D. 2000., The concept of social metabolism in classical sociology. *Theomai Journal* 2: 1-36

Palerm, A. 1980., *Antropología y Marxismo*. México: Editorial Nueva Imagen e INAH.

Pérez-Vitoria, S., 2005. *Les Paysans sont de Retour*. Actes Sud: Paris.

Rappaport, R. A., 1971. The flow of energy in an agricultural society. *Scientific American* Vol. 224, No. 3: 117-132.

Ropke, O., 2005. Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s. *Ecological Economics* Vol. 55, No. 2: 262-290.

Rousset, C., 1974. *La Anti-Naturaleza: elementos para una filosofía trágica*. Madrid: Taurus.

Schmidt, A., 1976. *El Concepto de Naturaleza en Marx*. México: Siglo XXI Editores.

Taylor, L. W. & I. Aldeman, 2002. *Village Economics: the design, estimation and use of villagewide economic models*. Cambridge University Press.

Terray, E., 1972. *El Marxismo ante las Sociedades Pre-capitalistas*.

Toledo, V. M., 1981. Intercambio ecológico e intercambio económico en el proceso productivo primario. En: E. Leff (editor) *Biosociología y Articulación de las Ciencias*, UNAM, México.

-----, 1990. The ecological rationality of peasant production. In: M. Altieri & S. Hecht (eds) *Agroecology and Small Farm Development*. Boca Ratón: CRC Press.

-----, 2005. La ecología rural. *Ciencia y Desarrollo (México)* 174: 36-43.

-----, 2006. Ecología, sustentabilidad y manejo de recursos naturales: la investigación científica a debate. En: K. Oyama y A. Castillo (eds). *Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México*. México: UNAM y Siglo XXI Editores.

----- y N. Barrera-Bassols., 1984. *Ecología y Desarrollo Rural en Pátzcuaro*. Instituto de Biología, UNAM.

----- y M. González de Molina, 2007. El metabolismo social. En: Garrido, F., González de Molina, M., Serrano, J. L. y J. L. Solana (eds). *El paradigma ecológico en las Ciencias Sociales*. Barcelona: Editorial Icaria.

Tricart, J. y J. Killian., 1982. *La eco-geografía y la ordenación del medio natural*. Barcelona: Editorial Anagrama.

Vitousek, P., P. Ehrlich, A. H. & P. A. Matson, 1986. Human appropriation of the product of photosynthesis. *Bioscience* 14: 368-373.

Wallerstein, E., 2000. Anthropology, sociology and other dubious disciplines. *Current Anthropology*, Vol. 44, No. 4: 453-465.

Zonneveld, I. S., 1995. *Land Ecology*. Amsterdam: SPB Academic Publishing.