

Economía del medio ambiente y de los recursos naturales*

Alfonso Corona Rentería•

Introducción

En México, el interés por el medio ambiente ha propiciado una cantidad de estudios importantes realizados en su mayor parte por biólogos, químicos, agrólogos, edafólogos, geógrafos, actuarios, etc. Cada disciplina aporta una visión indispensable del medio ambiente, aunque parcial. Se han estudiado los procesos deteriorantes del medio natural y sus consecuencias pero no se ha escrito nada importante sobre las causas primeras de estos procesos: las actividades económicas, sus relaciones con el medio ambiente, la disminución secular del acervo de recursos naturales y su impacto sobre el bienestar futuro de la población. La economía no proporciona la visión global del problema pero su contribución puede ser fundamental para resolver el problema del crecimiento económico y reproducción de los recursos naturales. Conviene señalar que la preocupación de la ciencia económica por el medio ambiente es antigua.

* Por la importancia y actualidad del tema, publicamos la síntesis de este libro de próxima publicación.

• Profesor Investigador de la Facultad de Economía, UNAM.

Los tipos de deterioro ambiental difieren entre países desarrollados y subdesarrollados como una función del tipo de aprovechamiento de los recursos naturales y del avance tecnológico de esos países. Uno de los graves problemas de México es mantener su crecimiento económico sin causar el agotamiento de sus recursos naturales. La inminencia de este peligro y sus consecuencias pudieran comprenderse mejor con el auxilio de los economistas.

Dado el amplio campo de los estudios del medio ambiente, los especialistas en alguna de las disciplinas involucradas deben estar preparados para cruzar las fronteras de la suya y utilizar los enfoques de otras ciencias (1991: Opschoor y Jansen). Al mismo tiempo, el campo de estudio de la economía de los recursos naturales no se restringe a la economía de los mismos sino que incluye a las ciencias del medio ambiente que para ese objeto son típicamente regionales. Estas razones y el hecho de que existe poca información disponible sobre la economía del medio ambiente en México y que está ausente de los programas de estudio de la gran mayoría de las escuelas de Economía del país, la investigación que he realizado incorpora elementos de las ciencias del medio ambiente como la geografía, la ecología y los recursos bióticos. El concepto es integrativo e intenta presentar un amplio panorama de la problemática ambiental y de ese modo, incorpora las nociones económicas y del análisis regional al estudio de los recursos naturales.

La primera parte presenta una visión global de las interrelaciones entre medio ambiente y recursos naturales mostrando las vinculaciones ecosistémicas entre los organismos vivientes (recursos bióticos renovables) y los componentes geofísicos abióticos: recursos fluídos y no renovables a través de la cadena alimenticia y los ciclos biogeoquímicos. Estas funciones definen a las regiones económicas-ecológicas y permiten identificar las interrelaciones entre actividad económica y medio ambiente (1989: Cervantes Borja) (1975: Gibson). Se examinan los recursos bióticos de México (1985: Gómez Pompa) o sean las riquezas naturales de las diferentes regiones del país así como la historia de la explotación de las mismas desde la época colonial; la intervención del estado a través de sus políticas agrícolas (1990: Carabias) y de uso de los recursos con resultados negativos; el deterioro y extinción de ecosistemas y especies; (1989: Vázquez y Orozco) la contaminación ambiental y el impacto de las actividades productivas sobre los recursos y el medio naturales (1986: *Activité Humaine et l'environnement*).

La segunda parte incorpora la ciencia económica al estudio del problema, tanto desde el punto de vista del pensamiento y de la teoría económica como de los métodos de análisis e instrumentos para la política de conservación del medio ambiente y optimización del uso de recursos naturales, en el contexto de las metas de desarrollo sustentable. Por ejemplo, la contabilidad del patrimonio natural, matrices de insumo producto, modelos de comportamiento y decisión, evaluación de proyectos en el medio ambiente, la investigación preventiva, las tecnologías de protección ambiental y la cooperación internacional.

Medio ambiente y recursos naturales

El capítulo 1 aborda los conceptos generales sobre recursos naturales, su dotación relativa en el medio geográfico. Se define el medio ambiente y sus integrantes que constituyen el ecosistema. Se presenta la estructura del ecosistema, sus componentes o recursos bióticos (renovables) y los abióticos (no renovables).

Se examina la noción de geocosistema cuya diferenciación en el espacio da lugar a las regiones y permite ordenar el medio ambiente funcionalmente (vocación económica). Se explican las interrelaciones funcionales de un ecosistema que forman la red de sustentación de actividades económicas a través de la cadena alimenticia y los ciclos biogeoquímicos, antes señalada. El análisis de estos dos procesos permiten al planificador regional evaluar los efectos de la interferencia de la actividad económica en los organismos vivos y los recursos abióticos.

Las regiones que por definición presentan condiciones ambientales homogéneas, están interrelacionadas por procesos ecológicos que al diferenciarse dan lugar a subregiones económico-ecológicas con variantes tipológicas de tierras, aguas y atmósferas, diferentes factores bióticos y una diversidad biótica.

En el capítulo 2 se examinan los recursos bióticos de México según su distribución en zonas áridas y semiáridas; templadas y frías y las tropicales, así como el tipo de actividad productiva que se deriva de sus correspondientes ecosistemas (Gómez Pompa. *Op. cit.*).

En el capítulo 3 se expone un panorama de la explotación y deterioro de los recursos naturales desde la Colonia hasta nuestros días en América Latina y México.

Se expone el escenario global contemporáneo y los factores que influyen decisivamente sobre la magnitud del deterioro regional, nacional y mundial del medio ambiente; el descomunal consumo actual de energéticos; subdesarrollo y medio ambiente, y encadenamiento de las modalidades del crecimiento de las economías de los países ricos y el deterioro ambiental.

El capítulo 4 se destina al examen de los impactos de la intervención del estado sobre el medio ambiente, en particular mediante las políticas agrícolas y de energéticos, el uso de los recursos, del suelo y el agua así como las limitaciones e incongruencias que resultan de evaluar los recursos naturales con criterios agronómicos y de rentabilidad económica inmediatista.

Los procesos de erosión del suelo generados por la deforestación son equivalentes a una transferencia de riqueza del futuro a un uso presente, o sea la pérdida del producto y de los ingresos futuros en que se incurre a través de la degradación de los recursos naturales y sobre los cuales no se elabora una contabilidad. En todos los países, ricos o pobres, la medición del crecimiento económico debe calcularse mediante el registro de la mejoría o deterioro del acervo de recursos naturales.

En este capítulo se examina el problema de los criterios empresariales de rendimiento económico. Es decir, el análisis costo-beneficio con que se evalúan los proyectos y operaciones de extracción de recursos sin considerar la disminución del capital representado por los recursos deteriorados ni su regeneración. El factor ecológico es soslayado en las decisiones empresariales que por lo tanto, invalidan las políticas estatales de conservación de recursos.

El capítulo 5 señala la importancia del acervo forestal mexicano así como el bajo rendimiento por hectárea de este producto frente a otros países. La velocidad del agotamiento de las reservas de bosques y la disminución acelerada de la variabilidad genética constituyen la mayor amenaza para los recursos bióticos y acuíferos, regímenes de lluvias y agricultura debido a sus impactos sobre el suelo y sobre la humedad por evaporación. Se examinan las causas de estos problemas (Carabias. *Op. cit.*).

Las reservas ecológicas nacionales representan 1.6% del territorio nacional y no contribuyen significativamente a la protección biológica de los recursos del país. Para subsanar el gran desconocimiento de la riqueza biológica y poner las bases de una econo-

mía de los recursos naturales se requiere levantar un censo de la diversidad biológica. Este conocimiento sería el fundamento de la conservación de la diversidad (1990: Carmona, M.A.).

El capítulo 6 aborda el conocido problema de la contaminación atmosférica en las ciudades mexicanas, tanto las zonas metropolitanas del Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey como las fronterizas a las del sureste como Minatitlán-Coatzacoalcos y Villahermosa, Cactus, Samaria y Cunduacán particularmente afectadas por la extracción de petróleo y las industrias petroquímicas (1992: Sarukhán), (Reporte anual sobre contaminación del aire en la ciudad de México. Departamento del Distrito Federal, 1992), (Desarrollo y Medio Ambiente en México. Diagnóstico 1990. Ed. Fundaciones Friedrich Ebert y Universo Veintiuno, 1991).

El capítulo 7 trata de la presión que ejercen las actividades económicas sobre los ecosistemas. Conocer la magnitud de esta coacción es importante si se desea implantar programas de conservación y restauración de los ecosistemas. Para ello se requiere la recopilación de datos y elaboración de estadísticas continuas. En este capítulo se examinan los factores deteriorantes inherentes a los modos y técnicas de producción en la agricultura y la silvicultura, recursos no renovables, obras públicas, consumo doméstico y desechos municipales. El análisis se complementa con la evaluación de la situación biótica: es decir, las reacciones de las especies biológicas ante las coacciones que ejercen las actividades humanas y los procesos naturales en el medio ambiente. (*Activité humaine et l'environnement. Op. cit.*).

Ciencia económica y medio ambiente

Capítulo 8. El interés de los economistas por las cuestiones ambientales data de los orígenes de la ciencia económica. La escuela fisiocrática francesa del siglo XVIII y los clásicos Smith, Ricardo, Malthus y J.S. Mill, (fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX) y aun Jevons, uno de los fundadores de la escuela neoclásica (fines del XIX) se preocuparon por los límites que la naturaleza podía imponer al crecimiento económico. En la primera mitad del siglo XX los economistas confiaban más en la capacidad del mercado para asignar eficientemente los recursos naturales a diferentes usos que

en las consecuencias de su fracaso para lograrlo (1992: Ekelund y Hebert).

Cualquier conflicto entre los modos de regulación de la economía y las leyes que rigen a la biosfera resultan necesariamente de accidentes, de disfuncionamientos o desviaciones. En consecuencia, sólo restableciendo la lógica económica y proyectándola sobre la administración de recursos, las cosas regresarán al orden económico en términos monetarios (1972: Georgescu-Roegen), (1972: Club de Roma), (1987: Brundtland Report) (1989: Passet).

En el mismo capítulo se examina el concepto de deseconomías externas, propuesto por Pigou en *La economía del bienestar* (1973).

Esta noción intenta explicar las economías negativas que resultan de actividades de consumo o de producción, por ejemplo, la contaminación atmosférica, y que afectan el bienestar de la comunidad. Aquí el problema radica en estimar el costo de las deseconomías externas en términos de bienestar social en oposición al beneficio social que se deriva del agente emisor de tales economías negativas.

Otro punto de vista es el enfoque económico normativo, de Tietenberg (1984). Se trata de maximizar el valor del activo ambiental mediante la creación de un balance entre la preservación y el uso de ese activo.

Este criterio considera que el costo de los servicios ambientales se refleja en su costo de oportunidad, o sea en el beneficio neto perdido a causa de que los recursos que proporcionan el servicio no pueden ya utilizarse en el siguiente uso más benéfico. De acuerdo con Tietenberg, los problemas que resultan de reasignar el recurso a otro uso sin perjudicar a unas personas beneficiando a otras, habrá que remitirlos al Óptimo de Pareto (1906) —más bien subóptimo. Por último, puede señalarse que las corrientes neoclásicas pertenecen a un pensamiento lineal que se conoce como economía unidimensional.

El capítulo 9 aborda las políticas e instrumentos unidimensionales. Las formas de combatir el deterioro ambiental se apoyan en la doctrina de las fuerzas del mercado libre. Típicamente, Beckerman (1972) considera que el problema de las contaminaciones que resulta de una falla en la asignación de recursos se resuelve por medio de impuestos a los contaminadores. Algunos autores consideran que la fuente principal de las deseconomías externas es la falta de definición de los derechos de propiedad. Esto conduce a

una sobrexplotación de recursos en la medida en que todo mundo tiene interés en obtener el máximo del recurso si no quiere que otros lo hagan a su detrimento. La apropiación privada obligaría a cada agente preocuparse por la perennidad del recurso. Lo absurdo de esta proposición es evidente. Con un medio ambiente privatizado, ¿cómo manejar el caso de elementos naturales cuyo exceso representa un factor de contaminación muy grave o cuyo deterioro significa modificaciones en la temperatura del planeta?

Bajo los supuestos de competencia perfecta, con el fin de restablecer el equilibrio entre el costo privado de la empresa contaminante y el que impone a la sociedad su propia nociva actividad (costo externo), Pigou (1932) preconiza imponer al contaminador un impuesto igual a la diferencia de estos costos medido marginalmente. Pearce (1986) propone algo muy semejante. Es decir que el contaminador pague un impuesto igual a los costos externos de la contaminación.

Sería correcto que un contaminador pagara un impuesto por contaminar, si ese gravamen se destinase a reconstituir el medio ambiente deteriorado y si además fuera posible determinar el costo marginal social, identificar las numerosas fuentes de contaminación, definir el campo de acción de las mismas y su costo monetario. Pero esto es impracticable por lo que el sistema propuesto no es viable. Otros instrumentos propuestos son las subvenciones que consisten en pagar una prima al agente contaminador por cada unidad nociva suprimida o por cada inversión anticontaminante realizada. Este método se enfrenta a las mismas dificultades que el anterior. Passet (1989) menciona el artificio neoliberal de vender derechos a contaminar que por cierto ya ha sido propuesto en México. Las autoridades fijan la norma de calidad o cantidad de polución tolerable por el ambiente. Los derechos a contaminar se venden en una casa de bolsa mediante emisión de bonos que confieren ese derecho durante un periodo de tiempo. Si el comprador excede sus derechos deberá pagar costos de descontaminación. En el alegre mercado neoliberal los bonos pueden ser objeto de especulación bursátil. Los contaminados pueden recomprar los derechos de los contaminadores, los cuales verán reducida su capacidad para dañar a la sociedad y el gobierno podrá intervenir en el mercado comprando o vendiendo bonos para reforzar o relajar sus políticas de protección al ambiente. En este ca-

pitalista juego todo mundo puede tener muy buenas utilidades bursátiles: contaminadores, contaminados y gobierno.

La Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), París (1975) propone "El principio del contaminador que paga". Esto significa que el costo impuesto por las medidas correspondientes deberá repercutirse en el costo de los bienes y servicios cuya producción y/o consumo originan la contaminación. El interés de esta modalidad es que intenta armonizar las políticas del medio ambiente entre los países miembros de la OCDE y son igualmente aplicables entre países vecinos como México y Estados Unidos. Esta solución soslaya la necesidad de implantar medidas que prevean la recuperación del medio natural afectado. En cuanto a los criterios para la selección de proyectos de obras públicas que ocasionan impactos ambientales, conforme a la corriente neoclásica, generalmente se apoyan en el análisis de costo-beneficio, (Bernard, 1986). Se intenta maximizar el valor actual de los costos directos e indirectos de un proyecto, incluyendo el costo de regresión de especies vegetales o animales, según el precio del mercado más cercano. Estos cálculos se confrontan con los beneficios atribuibles a dicho proyecto. Este método deja intacto el verdadero problema de la reproducción de la naturaleza. Es indudable que una especie no contribuye a esta reproducción sobre la base del precio del mercado más cercano. Todo análisis de costo-beneficio se topa con la dificultad fundamental que es la evaluación de las funciones que realiza en su entorno cada componente del medio ambiente.

En el capítulo 10 se exponen los principios teóricos metodológicos que fundamentan el enfoque que preconizamos para el estudio integrado del medio ambiente y del crecimiento económico. Es decir, la economía y la óptica que René Passet (1989) llama perspectivas multidimensionales.

La esfera económica es sólo un subsistema correspondiente a los grandes sistemas sociales y naturales con los que interactúa incesantemente con grados variables de intensidad. De allí resultan cambios en los sistemas englobantes que a su vez producen nuevas interacciones y modificaciones sistémicas ulteriores. El enfoque sistémico inspirado en el método de Von Bertalanffy (1973) busca la armonización de las modalidades del desarrollo económico con las leyes de evolución de la biosfera. La necesidad de comprender la interdependencia de los componentes de cada nivel del

sistema y los procesos de retroalimentación no lineales del todo y las partes, conduce a un enfoque multidisciplinario en donde cada disciplina formula sus propias interrogantes. Los modelos no lineales ya no intentan seguir todas las cadenas causales como había sido tradicional sino que buscan nudos en los que se unen lazos de retroalimentación y otros enlaces significativos. Boulding (1982), Rifkin (1980) y Georgescu-Roegen (1972) afirman que la actividad económica de los hombres acelera el proceso de la entropía al que está sometido el planeta. La gestión económica debe por lo tanto abrirse, no para revertir un movimiento ineluctable sino para evitar al máximo el agravamiento de los efectos.

La necesidad de medir los procesos economía-medio ambiente llevó a Kneese, Yres y D'Arge (1970) a formular una contabilidad de flujos de insumo-producto que recorren la economía (materiales de desechos y productos destinados a degradarse). Muestra cómo un insumo material obtenido del medio ambiente se transforma en un producto que regresa al medio ambiente. Esta contabilidad permite describir, medir y reducir desechos particularmente nocivos para el medio ambiente. Existen otros sistemas de contabilidad energética basado en el primer principio de la termodinámica, de gran utilidad en su aplicación.

Las cuentas del patrimonio natural constituyen un esfuerzo para enlazar los diferentes indicadores físicos del medio ambiente entre sí y con la contabilidad tradicional. El sistema se ha implantado en Canadá, Noruega y Francia. Su estructura se organiza alrededor de tres series de cuentas con una base estadística que corresponden a tres categorías de información.

A. La contabilidad de recursos a) del subsuelo; b) suelos, aguas continentales y marinas, atmósfera; c) organismos vivos (flora y fauna).

B. Balance de ecozonas que corresponden al ámbito espacial y describen la evolución de los ecosistemas.

C. La contabilidad de agentes que representan el impacto de las actividades económicas o recreativas sobre el medio ambiente.

El cruzamiento de estos tres tipos de cuentas permite estudiar fenómenos de impactos de la acción recíproca de algunos de los componentes de las categorías anteriores.

El capítulo 11 estudia las políticas e instrumentos multidimensionales. Previamente se expone el concepto de *desarrollo sustentable* que es el fundamento de aquellas.

El desarrollo sustentable busca satisfacer las necesidades y aspiraciones del presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las del futuro. Con este propósito es necesario encontrar los medios de medir cuantitativamente los bienes y servicios que ofrece el medio ambiente a fin de administrar mejor el patrimonio de recursos reproducibles o no reproducibles a lo largo de una trayectoria de desarrollo de largo plazo.

Las diferentes versiones contemporáneas de la escuela neoclásica proponen sus propias versiones de indicadores del desarrollo sustentable. Se expondrán sintéticamente las siguientes propuestas:

- a. Neoclásica tradicional: Los autores Herfindahl y Kneese (1974) por una parte y Dasgupta y Heal (1979) por la otra, consideran que el medio ambiente o el acervo de sus recursos es equivalente a un acervo de capital (natural) y por lo tanto es sustituible por capital manufacturado. Por lo tanto mientras más fácil sea sustituir éste por recursos que disminuyen o se degradan habrá menos necesidad de preocuparse por la capacidad del medio ambiente para sostener el desarrollo.
- b. Escuela de Economía de Londres. Preconiza el mantenimiento intacto del capital natural. Se distancian de la posición anterior al sostener que no siempre es posible sustituir el capital manufacturado por capital natural. Cuestionan el progreso tecnológico como el medio para proteger a largo plazo a los recursos y que la nueva tecnología no necesariamente es menos contaminante.
- c. La Escuela Post-keynesiana. A través de la medición del capital agregado. Intenta desarrollar indicadores relevantes de desarrollo sustentable, sin lograrlo, (Víctor, Peter A.): *Ecological Economics*, (The Journal of the International Society for Ecological Economics) p. 206.

La Escuela de la Termodinámica. La mayoría de los economistas de esta escuela se apoya principalmente en la primera ley de la termodinámica: de la conservación de la materia-energía; nada se destruye, todo se transforma. Georgescu-Roegen (1975) argumenta que es la segunda ley de la termodinámica, la más relevante

en economía pues reconoce la distinción cualitativa entre los insumos de recursos valiosos (baja entropía) y los productos finales de desperdicios sin valor (alta entropía). Esta corriente ha influido el pensamiento multidimensional pero no es el sustrato más importante del mismo.

Daly (1989) señala cuatro principios operacionales de la sustentabilidad y afirma que la adopción e implementación de cada principio debe producir un efecto mensurable por un indicador. De no llenarse esta condición, la operatividad del principio es cuestionable:

1. Limitar la escala demográfica a un nivel que no exceda la capacidad de carga del medio ambiente. La capacidad de carga no debe estar excedida por la combinación del número de habitantes y el nivel promedio de recursos *per capita*.
2. El progreso tecnológico del desarrollo sustentable debe incrementar la eficiencia más que el esfuerzo energético. Tiene sentido concentrar esfuerzos en los insumos y productos de materiales y energía que enlazan la economía y el medio ambiente y que se relacionan con factores específicos limitantes.
3. En cuanto a los recursos renovables, las tasas de cosecha no deben exceder las tasas de regeneración de recursos y las emisiones de desperdicios no deben exceder la capacidad asimilativa renovable del medio ambiente.
4. Los recursos no renovables deben explotarse con una tasa igual a la creación de sustitutos renovables. La implementación de este principio requiere la modificación del principio 3. Las tasas de cosecha deben mantenerse por debajo de las tasas de regeneración en el grado necesario para compensar el agotamiento de los recursos no renovables.

Conforme a la escuela termodinámica el desarrollo sustentable y sus indicadores se pueden abordar a través de la imposición de un conjunto de restricciones biofísicas en una economía, en forma de unidades biofísicas directas. Los precios sombra de las restricciones pueden usarse para indicar el grado en que una economía no es sustentable.

Jean-François Noel (1991) considera que el estudio del *desarrollo durable* muestra que el problema no es tanto de una penuria absoluta de recursos como pudiera pensarse de acuerdo con los trabajos

del Club de Roma, sino de una elevación constante del costo de acceso a esos recursos lo que puede constituir el factor limitante del proceso de desarrollo económico en el largo plazo, y agrega que la medida energética permite progresar en el estudio de tales costos crecientes. La energía consumida por la producción de bienes así como la energía consumida para movilizar la energía puede medir el costo de acceso a los recursos materiales. Las características de la medida energética y sus formas de aplicación plantean problemas conceptuales que se analizan en este capítulo.

Noel (1991) propone ciertas condiciones generales que debe satisfacer siempre un indicador de *desarrollo sustentable*.

- Debe ser representativo del sistema cuya posición relativa se investiga o sea, el mismo alcance y contenido.
- Debe descansar sobre un modelo causal empíricamente cuantificado y estadísticamente verificado del sistema representado.
- Debe ser expresable por medio de una medida numérica cuyas unidades de medición hayan sido determinadas. Puede asumir la forma de una relación o de una *ratio* cuya dimensión sea clara con respecto al tamaño de la base del análisis (en particular, en lo que se refiere al tiempo).
- Debe tener una significación clara, en la medida en que la utilización de indicadores para orientar la decisión les confiere frecuentemente una importancia mayor que su valor numérico.

La cuestión de la norma con respecto a la que el indicador permitirá apreciar una situación o una trayectoria está ligada a la definición de la *sustentabilidad*. No es posible contentarse con la definición de la economía normativa estándar según la cual es durable todo trayecto de crecimiento óptimo que satisface una restricción de reproducción de recursos renovables, realizando al mismo tiempo las sustituciones adecuadas entre los recursos no renovables y los renovables, por una parte, y/o el factor capital, por la otra.

En realidad, el estudio de las condiciones del *desarrollo durable* indica que el problema que plantean los recursos energéticos, como por otra parte, los de todos los recursos materiales, no es, como se dijo antes, analizable en términos de penuria absoluta, presente o futura (como un acervo finito de recursos agotados) ni en términos de sustitución perfecta de recursos renovables y/o de

factor capital agotable sino en términos de enrarecimiento relativo que se traduce en costos de energéticos crecientes de adquisición del recurso: cada vez se requiere más energía para poner a la disposición de la economía una cantidad dada de energía. Por lo tanto, es necesario que la norma que servirá para medir la posición de una trayectoria de desarrollo se fundamente en el análisis energético y se exprese de manera directa en términos energéticos para apreciar el carácter durable o no durable del desarrollo.

El sentido de las estrategias de política de desarrollo sustentable se concreta en la necesidad de integrar las variables económicas y ecológicas al formularse las decisiones. En este respecto, el conjunto de variables pueden integrarse en instrumentos de política como son los modelos de comportamiento y decisión. En el capítulo 11.4 se presentan algunos métodos de integración de la información física. Entre ellos, el Método WELMM (IIASA, Luxemburg, Austria) que incorpora cinco parámetros; agua, energía, tierra, materiales y fuerza de trabajo. Estos se cuantifican en términos físicos con el propósito de mostrar el impacto de diferentes estrategias de explotación del medio ambiente. Se requiere información de bancos de recursos naturales, sobre la región definida como geoeosistema y sus recursos abióticos así como datos sobre instalaciones energéticas y procesos productivos necesarios para producir un recurso y que llegue al consumidor. El procedimiento permite definir "cadenas" en donde cada eslabón se identifica por una instalación representativa de una tecnología dada. Pueden compararse así varias cadenas respecto de criterios sobre sus necesidades de territorio y de materiales. De este modo el análisis de diferentes procedimientos de fabricación de, por ejemplo, combustibles líquidos de origen petrolero, carbonífero, esquistoso, etc. realza los enormes impactos ambientales de esas tecnologías.

Por otra parte, (cap. 11.5.2) el enfoque entrópico se consagra a la lucha contra las degradaciones con el auxilio de instrumentos específicos para cada tipo de daño resentido. La intervención directa y las reglamentaciones complementan el juego de instrumentos monetarios. En cada caso el enfoque es multidimensional y la lógica económica se subordina a los imperativos de la reproducción del ecosistema. Si las autoridades gubernamentales desean realmente solucionar el problema tendrán que abordarlo modificando las reglas del mercado que lo ha creado. Los modelos al servicio de la decisión (cap. 11.6) con enfoque entrópico utilizan ocasio-

nalmente modelos económicos adaptados y con frecuencia otros diseñados ex profeso con una perspectiva ambientalista.

Los primeros son de tipo insumo-producto cuya versión más representativa procede de Leontief (1970) con las limitaciones de las matrices de este autor: linealidad en las relaciones, validez dado un estado de la técnica. Por lo tanto es inaplicable a todo lo que ésta transforma. Ej.: reciclaje de desechos, limitación a la esfera mercantil e imposibilidad de describir el impacto de las contaminaciones sobre la biosfera, etc.

Otros modelos de insumo-producto son propuestos por J. Cumberland, H. Daly, V. Isard, P. A. Víctor, J. E. Wilen, (citados por Passet, *op. cit.*) que intentan superar algunas de las limitaciones de las matrices de Leontief pero se circunscriben a la esfera económica y no dicen nada sobre los flujos en el interior de los ecosistemas.

En Francia se han utilizado modelos con el propósito de optimizar los programas nacionales de descontaminación. Puede mencionarse el SPIRE (Simulation Projection Intégrée Regionalisée des Emissions de Polluants) elaborado por R. Barre y J. P. Bordent. GERPA (citados por Passet, *Id.*). El modelo se propone integrar el medio ambiente y la economía así como contribuir a la definición de estrategias de lucha contra la polución a largo plazo en condiciones diferenciadas de evolución de la economía y del ordenamiento del territorio. El modelo POLLEN evalúa el impacto macroeconómico de las políticas del medio ambiente (M. Manuel: Centro de Estudios Prospectivos de Economía Aplicada a la Planificación. París 1987).

El enfoque coevolutivo emplea modelos con mayor alcance que los anteriores. Plantea el problema en términos de la inserción del desarrollo económico en el escalamiento coevolutivo de la naturaleza y muestra ese desarrollo bajo dos aspectos:

El modelo de Forrester, utilizado por el Club de Roma (1972) fue el punto de partida de investigaciones que aún continúan sobre los modelos coevolutivos. Puede mencionarse el modelo ECCO (Enhancement of Carrying Capacity Options) elaborado por King y Sleser de la Universidad de Edimburgo, 1987. Se propone evaluar la capacidad de carga de una economía con el objeto de definir las condiciones de su crecimiento a largo plazo.

En cuanto a los modelos de predicción de impactos ambientales (cap. 11.7.1) sus objetivos son:

- Definir el grado de tolerancia y/o aceptabilidad ambiental de un proyecto.
- Definir si se requieren cambios en el proyecto o la introducción de medidas de mitigación y/o de modificaciones menores en el proyecto. El juicio profesional interdisciplinario es indispensable para la evaluación de impactos ambientales.

El método RESY multicriterios, de otra parte, es de orden lexicológico, jerarquiza proyectos diversos conforme a criterios previos. Se eliminan aquellos que no se ajustan a las exigencias de reproducción de la naturaleza. Se aplica a la evaluación de proyectos de carreteras y otros. El proyecto se presenta como una elección entre un suplemento de costo y el número de hectáreas de bosque, por ejemplo, que ese suplemento permitiría preservar. Se llega a una opción y no a una decisión, lo cual parece ventajoso puesto que la opción final es de orden político y no se desprende de consideraciones exclusivamente económicas (Becharies, Antoine, Cauguilhem y Theys, J. 1987).

El capítulo 12 se ocupa del estudio de las bases de la política ecológica y de protección a los recursos naturales conforme a las exigencias del enfoque coevolutivo. Algunas de las recomendaciones corresponden al enfoque entrópico. Esta posición conservadora es útil mientras no se comprendan y difundan las posibilidades del desarrollo coevolutivo. Este capítulo desarrolla los siguientes tópicos: (1989: Environmental Research and Technology).

- Investigación preventiva del medio ambiente.
- Investigación integrada y eslabonada.
- Proyectos prioritarios de investigación.
- Proyección de especies y biotopos.
- La salud humana.

Capítulo 13. Tecnología de la protección ambiental. Es necesaria la difusión de las tecnologías innovadoras y eficaces para prevenir, reducir y rehabilitar el daño ambiental. En este aspecto se apuntan los campos de aplicación respectivos, (*Idem*).

- Manejo de desechos industriales y domésticos.
- Eliminación de desechos sólidos.
- Tratamiento previo térmico.

- Tecnología de rellenos sanitarios.
- Saneamiento de suelos contaminados.
- Mantenimiento de la calidad del aire.
- Tecnología para emisiones reducidas.
- Protección de recursos acuáticos. Abastecimiento de agua y eliminación de aguas negras.

Por último, el capítulo 14 aborda la cooperación internacional. La transgresión de contaminantes plantea en México y en el país vecino del Norte problemas serios. Como se sabe, ambos países se envían cotidianamente poluentes líquidos, del aire y de los suelos que no pueden resolverse sólo en el marco nacional. La reducción de la sobrecarga ambiental transfronteriza requiere de una estrecha colaboración internacional, tanto en disposiciones de política como de investigación y desarrollo. Incluyendo el intercambio de información y experiencia. En este capítulo se proponen lineamientos de acción en áreas específicas: (*Ibid.*).

- Monitoreo del control de pureza de agua y mares en ambos países.
- Armonización de límites de emisión y normas de producción transfronteriza.
- Investigación sobre mecanismos de impactos transfronteriza.
- Desarrollo de procesos industriales de emisión reducida.

BIBLIOGRAFÍA

- Activité humaine et l'environnement — Un compendium de statistiques*, Ministère des Approvisionnements et Services, Ottawa, 1986.
- Brundtland Report: Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford, Inglaterra, 1987.
- Beckerman, V. *Economists, scientists and Environmental Catastrophe*, Oxford University Press, nov., 1972.
- Benard, J. "Economie Publique", *Economica*, París, 1986.
- Bertalanffy (von), *Teoría General de los Sistemas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Benítez B. Luis. "La patología ambiental. Contaminación, termodinámica y salud", en: *Ciencia y Desarrollo*, núm. 93 julio-agosto 1990.

- Baumol, William J. y Wallace E. Oates. *The theory or environmental policy — externalities, public outlays and the quality of life*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey, 1975.
- Bernard-Becharies. J. F., Antoine, J., Canguilhem, J. F. Theys, J. "La methode Resy en bref", en: *l'Environnement dans l'analyse et la negotiation de projets*", *Cahier*, núm. 12, dic., 1987.
- Boulding, K. C. "The Economics of the Spaceship Earth". en: *Environmental Quality in a Growing Economy*, Ed. Jarret J. Hopkins, Baltimore, 1966.
- Bojorques, Luis A. y Alfredo Ortega R. "Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico", *Ciencias*, Revista de la Academia de la investigación Científica, núm. 2, junio, 1989.
- Briggs, John y Peat, F.D. *Turbulent Mirror. An Illustrated Guide to Chaos Theory and the Science of Wholeness*. Harper and Row. N. Y., 1989.
- Calva, José Luis, 1991/11/26. Perfil VI-*La Jornada*. México.
- Cancela da Fonseca, Paulo, Jorge y Drach, Alain. "Considerations sur un modele ecologique régional", *Dossiers du Centre Economie-Espace-Environnement*, Université de París I, Panthéon-Sorbonne, núm. 18, enero, 1981.
- Carabias, Julia. "Las políticas de producción agrícola, la cuestión alimentaria y el medio ambiente", en: *Medio Ambiente y el desarrollo en México*, Vol. I, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, 1990.
- Carmona, Ma. del Carmen. "Academia Mexicana de Derecho Ecológico", *Excelsior*, 15 de enero de 1990.
- Casas, Bartolomé de las. *Brevísima Relación de la Destrucción de las Indias*, Sevilla, 1552.
- Cervantes Borja, Jorge F. "Modelo Ecosistémico para la Prospección. Uso y Manejo del Medio y los Recursos Naturales", *Boletín del Instituto de Geografía*, núm. 19, México, 1989.
- Corona, Rentería, Alfonso. *La Economía Urbana-Ciudades y Regiones Mexicanas*, Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México, 1974.
- CIUDADES —ecología y medio ambiente— Revista trimestral, Red Nacional de Investigación Urbana, núm. 10, 1991.
- Daly, H. E. "On Economics as a Life Science", *Journal of Political Economy*, vol. 76, núm. 3, mayo-junio de 1988.

- Dasgupta, P. y Heal, D. *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge, University Press, Londres, 1979.
- Departamento del Distrito Federal. *Reporte anual sobre la contaminación del aire en la ciudad de México, 1986-1990*. México, 1991.
- Desarrollo y Medio Ambiente en México. 1991-Diagnóstico 1990*, Ed. Fundaciones Friedrich Ebert y Universo Veintiuno, 1991.
- Di Castri, Francesco. "El Imperativo Científico de la Conservación", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 86 mayo-junio 1989.
- Environmental Research and Technology. Programme 1989-1994*. The Federal Minister for Research and Technology, Bonn, 1989.
- Ekelund, R.B. y Hebert, R.F. *Historia de la Teoría Económica y su Método*, McGraw Hill, Madrid, 1992.
- Evaluación del impacto en el ambiente y la salud de proyectos de desarrollo*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Mundial de la Salud, Metepec, Edo. de México, 1990.
- Faucheux, Silvie. *L'Articulation des évaluations monétaire et énergétique en économie*, Tesis de doctorado. Universidad París I, Panthéon-Sorbonne.
- Fiege, Edgar L. y David M. Blau. "The Economics of Natural Resource Boarcity and implications for Development Policy and International Cooperation, en *Natural Resources*, John Wiley and Co. N.Y. 1980.
- Georgescu-Roegen. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, 1972.
- Gómez Pompa, Arturo. *Los Recursos Bióticos de México*, Instituto Nacional sobre Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. 1985.
- Goran, Mahler, K. "National Accounts and Environmental Resources", en: *Environmental and Resources Economics*. Vol. 1 núm. 1, 1991.
- Halffter, S., Gonzalo. "La ecología ante la crisis global. *Ciencia y Desarrollo*, núm. 98, mayo-junio 1991.
- Hartwick John M. y Nancy D. Olewiler. *The Economics of Natural Resource Use*, Harper and Row, Publishers, N.Y., 1975.
- Hotelling, H. "The Economics of Exhaustible Resources". *Journal of Political Economy*, vol. 29, núm. 2, 1931.
- Howe, Charles V. "Natural Resource Economics, Issues", *Analysis and Policy*, John Wiley, N.Y., 1979.
- Instituto de Historia Natural de Chiapas. *Informe Anual 1990*. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 1991.

- Isard, Walter. *Ecologic-Economic Analyse for Regional Development*, Free Press, New York, 1972.
- Kneese. Ayres y D'Arge. *Economics and the Environment, a material balance approach*, RFF. 1970.
- Leff, Enrique (coordinador). *Medio Ambiente y desarrollo en México*, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, México, 1990.
- Leontief, W. "Environmental Repercutions and the Economic Structure an Input-Output Approach", *Rev. of Econ. Statistics*, vol. 11, núm. 3, agosto de 1970.
- Maas M: José Manuel y Felipe García-Oliva. "La conservación de los suelos tropicales: el caso de México", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 90, enero-febrero, 1990.
- MacCloskey, H.J. *Ética y política de la Ecología*, Fondo de Cultura Económica, México, 1988.
- Noel, Jean-François. "Les modèles économiques neoclassiques du développement durable". Seminario "Environnement et Développement durable: un débat interdisciplinaire" *Cahier*, núm. 96, 8 de abril de 1991 y *Cahier*, núm. 97, 5 de diciembre de 1991.
- Naciones Unidas. *Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Reunión preparatoria, Informe 1991*, México.
- Olivier, Santiago R. *Ecología y subdesarrollo en América Latina*, Siglo XXI editores. México, 1988.
- Opschoor, J.B. y Jansen, H.M.A. *Environmental and Resource Economics*, Kluwer Academic Publishers. Vol. 1, núm. 1. Amsterdam. Países Bajos, 1991.
- Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico, *Le principe Pollueur, Payeur*, París, 1975.
- Passet, René. "L'économie de l'environnement naturel et de la biosphere", Centre Economie-Espace-Environnement, Université de Paris I'Panthéon-Sorbonne, *Cahier* núm. 84, diciembre 1989.
- _____. "Une économie respectueuse de la biosphere", en: "la Planete mise a sac", *Le Monde Diplomatique*, núm. 8, mayo de 1990.
- Pearce, David W. *Economía ambiental*. Fondo de Cultura Económica, México, 1985.
- Peña Alvarez, Orlando. "Conceptos y métodos para una evaluación geográfica de los impactos medio-ambientales", *Revista*

- Geográfica*, Instituto Panamericano de Geografía, núm. 108, enero-junio 1986. México.
- _____. “Los recursos en el marco de una geografía de América Latina, *Revista Geográfica*, núm. 89, junio, 1979.
- Perrings, Charles. *Economy and Environment — A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems*. Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
- Pigou, A.C. *La economía del bienestar*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Préserver l'héritage écologique*, Colloque sur l'environnement. Dic., 1985, Conseil Economique du Canada, Ottawa, Canada, 1986.
- Repetto, Robert. . . et al. *Wasting Assets: Natural Resources in the National Income Accounts*, World Resources Institute, Washington, D.C., 1989.
- Sachs, Ignacy. *Ecodesarrollo — desarrollo sin destrucción*. El Colegio de México, 1982.
- Sarukhán, José. “Coloquio de Invierno”, Perfil de *La Jornada*, 02/12 1992, México.
- Shu-Li Huang y Tsyr-Hwen Shih. “The evolution and prospects of Taiwan's Ecological Economic System”, documento presentado en el Simposio Internacional Organizado por la Chinese . . . Chinese Regional Science Association, julio 20-23 de 1992, Taiwán.
- Tietenberg, Tom. *Environmental and Natural Resource Economics*, Scott, Foresman & Co. Glenview, Ill., 1984.
- Toledo, Víctor M.: *La Jornada*. México, 17-11-1991.
- Vázquez Yanes, Carlos y Alma Orozco Segovia. “La destrucción de la naturaleza”, *La ciencia desde México*, núm. 83, SEP-FCE-CONACYT, 1989.
- Víctor. P.A. “Indicators of sustainable development: some lessons from capital theory”, en *Ecological Economics*, The Journal of the International Society for Ecological Economics, Solomons, MD, 1991.