

# DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE (DRS) EN MÉXICO: RESPONSABILIDAD AMBIENTAL Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN ECONÓMICO-AMBIENTAL REGIONALES

Rafael Borrayo L<sup>1</sup>

Introducción: Problemas de atribución ambiental en México

Todo debate tiene el enorme valor de destacar en su momento posiciones teóricas, conceptos y proposiciones que potencialmente pueden alcanzar consensos, como ha sucedido en el caso del problema de los gases de efecto invernadero con el tema central de *responsabilidad compartida*. La preocupación por cuantificarla se ha generalizado al conjunto de problemas ambientales en los que está presente inevitablemente siempre un conflicto entre países, regiones intra-nacionales y hasta entre individuos.

Una característica distintiva de países y regiones con bajo nivel de desarrollo económico es la fragilidad institucional. En el ámbito de la política ambiental, se expresa usualmente a través de cualquier problema de conflictividad social, involucra aspectos de falta de autoridad (regional), derechos de propiedad y baja coordinación institucional por ausencia de acciones coherentes de planeación ambiental. Interesa para este trabajo destacar el conflicto ambiental entre espacios económicos porque se ofrece un marco analítico y un indicador pertinente para su negociación. En la base de tal conflicto está la construcción de respuestas consistentes a la pregunta: Quién contribuye con qué y en cuánto en la generación de impactos ambientales espacialmente.

En general, a mi parecer la política ambiental en México está caracterizada por tener pocos e ineficientes instrumentos de política con orientación de mercado y dominan los instrumentos del tipo comando-control, para los cuales no se dispone de un sistema de vigilancia ambiental. Pero la mayor debilidad radica en su escasa integración y jerarquización estratégica clara, por eso la evidencia empírica es contundente: insuficiencia para contener o estabilizar la gran mayoría de problemas ambientales estructurales, los saldos físicos del stock de capital natural siguen decreciendo (ver PNMARN, 2001-2006)<sup>2</sup>.

Además, se sostiene que como país disponemos de un conocimiento muy básico sobre cómo operan los mecanismos de asignación de factores ambientales a nivel estructural y espacial. Los estudios sobre problemas económico-ambientales a escala regional son inexistentes en México o muy escasos, tal vez por la pésima información disponible. Por ello se considera necesaria la investigación que permita identificar y cuantificar cargas o responsabilidades por la generación de presiones ambientales entre los distintos espacios económicos del territorio nacional y que para los efectos de este artículo se le denomina: el *Problema de atribución (PA<sub>t</sub>)*.

---

<sup>1</sup> Maestría en economía (UNAM); especialidad en Economía y Medio Ambiente; Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM); Teléfonos: 56230147 y 41; Correo electrónico: [marra@servidor.unam.mx](mailto:marra@servidor.unam.mx).

<sup>2</sup> No obstante se reconoce el giro institucional significativo de la política ambiental en México a partir de 1994.

Se destacan tres elementos básicos de los desarrollos teóricos actuales en el mundo, sobre los que se avanza fuertemente ante la necesidad de diseñar políticas ambientales más eficaces, eficientes y sustentables: 1) el asunto sobre un criterio viable y evaluable<sup>3</sup> de *sustentabilidad*; 2) la *espacialidad* de las políticas ambientales, para reconocer explícitamente que los procesos económico-ambientales son fenómenos (*problemas*) de *escala* que dependen de espacios extensos, abiertos y con recursos naturales específicamente localizados (*in situ*), en su mayoría; y 3) el asunto de la *temporalidad*, o las implicaciones en el horizonte de tiempo, en tanto que la permanencia y ajuste oportuno de las intervenciones humanas son cruciales para volver observables los efectos sobre los sistemas ambientales (SA)<sup>4</sup>.

El núcleo del trabajo está conformado por una sección (2) donde se esboza el marco analítico general de input-output (I-O) del cual puede derivarse un indicador de responsabilidad ambiental (IRA) cuantificable (sección 3) y una sección (4) sobre los requerimientos de sistemas de contabilidad física y espacial. En las conclusiones se argumenta en favor de consolidar una estrategia de planeación ambiental para las regiones en México. Se considera que son piezas indispensables para la concepción de políticas públicas con un contenido esencial de *Desarrollo Regional Sustentable (DRS)*.

### Un marco analítico general para el DRS

Para establecer correspondencias (*nexos*) funcionales entre actividades económicas y las presiones ambientales que generan, se construye una representación del medio ambiente (ensamble complejo de ecosistemas) que identificamos como sistema ambiental (SA), el cual es alterado por las actividades de un sistema económico (SE).

Las relaciones de correspondencia vislumbran sólo una parte del total de efectos que resultan de la interacción conjunta SE-SA. Es la parte "observable" o previsible, pero se requiere de un marco analítico dentro del cual derivar formas de cuantificación de cambios en los procesos de interacción. Los marcos disponibles emplean flujos medidos en unidades monetarias y/o físicas, según el enfoque.

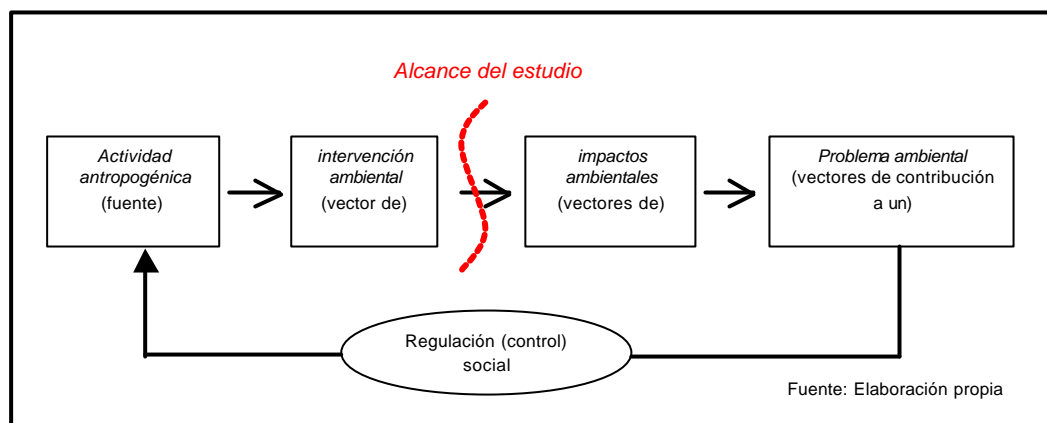
En primer lugar, se propone un marco general que permite describir por etapas los procesos económico-ambientales implicados por la interdependencia SE-SA. Desde la extracción de recursos de un SA hasta el vertimiento de desechos hay varios momentos del análisis que es necesario identificar con el fin de precisar la cuantificación de las responsabilidades ambientales.

Se propone el concepto de *ciclo "completo" de evaluación ambiental de las actividades antropogénicas (CEA)* de producción y consumo, como un proceso general de cuatro etapas: Actividad humana ? Intervención ambiental ? Impactos ambientales ? el 'Problema ambiental' (ver esquema siguiente). Para cada problema ambiental, debidamente identificado y especificado, se analiza desde la generación de presiones

<sup>3</sup> Nuestra propia Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), última versión, en su Art. 3 define el desarrollo sustentable como un proceso evaluable.

<sup>4</sup> Este último punto es crítico en tanto que la duración de los procesos naturales es mucho más lenta en relación a los procesos de producción y consumo, e incluso a la duración de los procesos de cambio estructural de una economía.

antropogénicas hasta el *análisis de consecuencias* (impactos) y se precisa la contribución relativa al problema ambiental de cada agente responsable.



Tiene sentido el concepto de CEA porque delimita el alcance que debe tener cualquier cálculo de atribución de responsabilidades ambientales. Normalmente los enfoques existentes de análisis de impactos (MFA, LCA, SDA)<sup>5</sup> no incluyen el análisis de consecuencias completo y menos los análisis de riesgos ambientales. Esto es particularmente crítico para la disposición de desechos de alta toxicidad alejados del sitio de generación (responsable) o el caso de extracciones de recursos ecológicamente frágiles; aún cuando se disponga de un mecanismo justo y transparente de asignación de responsabilidades y algún indicador base para tal asignación. Por tal razón, los procesos de negociación de conflictos ambientales inter-espaciales pueden encontrar obstáculos para avanzar.

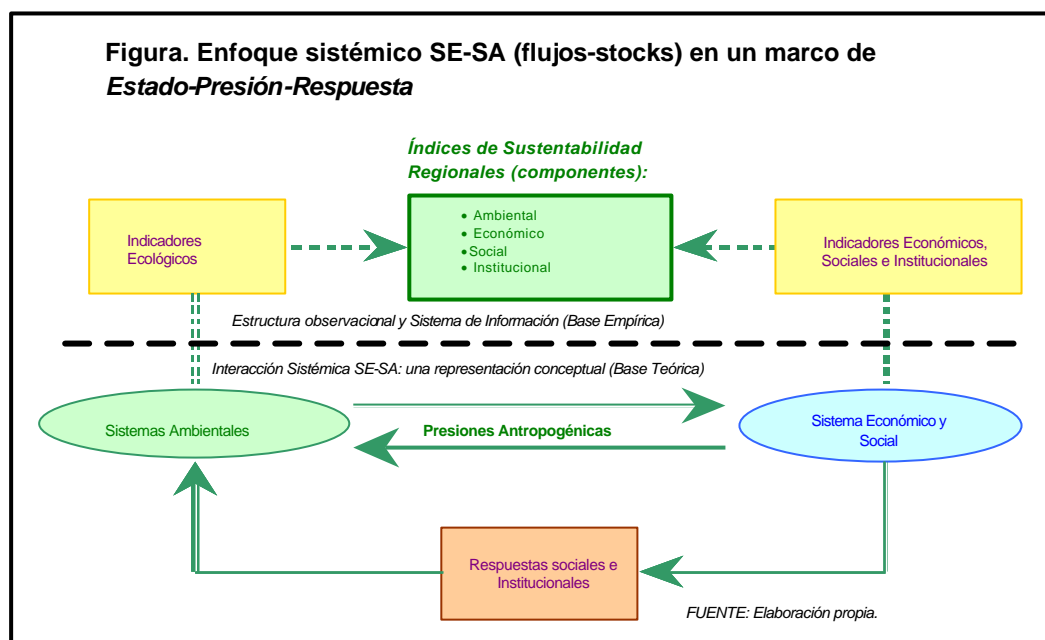
Sólo mediante una perspectiva CEA de los flujos económicos y físicos que salen y entran de un SE es posible cuantificar y construir juicios para evaluar cuáles impactos (consecuencias) son más dañinos o permanentes o cuáles más esenciales para sustentar un cierto nivel de desarrollo espacialmente localizado. Su visión de 'ciclo' permite especificar mejor los instrumentos y sus alcances respectivos. Permite enfatizar que los instrumentos no sirven para abordar todos los problemas, dado que tienen dominios restringidos (alcances) a alguno de los cuatro niveles de análisis de desempeño ambiental mencionados.

Un CEA está soportado por: i) un cuerpo teórico-conceptual o *Base Teórica* (modelo de interacción sistémica) y ii) una estructura observacional y su registro en sistemas de información (*Base Empírica*) ---ver figura siguiente. El CEA se aplica al circuito de la parte inferior del esquema SE-SA y las mediciones de los cambios observados (parte superior del esquema) posibilitan la derivación de instrumentos de control o gobierno del sistema conjunto SE-SA.

Entonces, teniendo en mente un proceso de evaluación o CEA, se define un *problema de atribución* ( $PA_t$ ) en el interés de ofrecer un instrumento para ayudar a resolver problemas

<sup>5</sup> Se toman las siglas en inglés por la referenciación directa a la literatura consultada MFA (material flow análisis), LCA (life-cycle assessment) y SDA (structural decomposition análisis).

de conflictividad ambiental entre espacios económicos. Se resuelve un  $PA_t$  dando respuesta a la pregunta esencial: ¿Cómo identificar y cuantificar cargas o responsabilidades por la generación de presiones ambientales entre los distintos espacios económicos del territorio nacional?



Así, un  $PA_t$  adquiere toda su relevancia porque aporta los elementos complementarios para negociar el conflicto ambiental sobre bases más razonables; aporta un cúmulo de información y datos procesados que de otra manera no se disponen: transversalidad el tiempo y el espacio.

La estructura analítica es del tipo input-output, la cual permite describir un SE que asocia o atribuye flujos físicos (recursos naturales y desechos) a actividades económicas espacialmente localizadas. En ella es posible convertir un  $PA_t$  en un proceso evaluable cualitativa y cuantitativamente.

Nuestro marco analítico es compatible con el marco unificado propuesto por R. Heijungs (2001), en el cual es posible obtener respuestas en tres niveles de decisión: 1) intervención ambiental que resulta de las actividades económicas de producción y consumo; 2) impactos ambientales que las presiones inducen en los sistemas ambientales (SA); y 3) el 'Problema ambiental', que se define en términos del grado de severidad de los impactos que lo conforman.

## Indicador de responsabilidad ambiental (IRA) y sus propiedades

La sanción social de los mercados mediante los precios no es garantía de preservación y restitución de la calidad (restauración) del stock de capital natural existente. Aún con precios de mercado y subrogados (estimados) para los flujos y stocks de recursos naturales no se genera el consenso sobre una vía confiable para la valuación del capital natural.

No se terminan de consolidar otras formas institucionales que posibiliten la regulación del conflicto social que está presente en el núcleo de todo problema ambiental. Como conflicto, encuentra una solución en el acuerdo fincado en la atribución y aceptación de responsabilidades ambientales que se concretan con el establecimiento de las reglas de coordinación de acciones y un paquete de transferencias de recursos financieros comprometidos por los agentes involucrados en un problema ambiental. Sin formas de valuación económica aceptadas por las partes en conflicto, vale la pena cualquier esfuerzo alternativo que explore en la dirección de conocer la dinámica de los flujos físicos.

Sin pretender tratar este vasto campo del análisis económico, el conflicto en general, usualmente se aborda se aborda en términos de eficiencia, desde sus causas, cómo se procesa y cuáles son las consecuencias. Muchas son los trabajos desde el punto de vista teórico. Sin embargo, en el contexto más preciso de la derivación de formas de asignar responsabilidades ambientales entre agentes se ha analizado desde la teoría de juegos cooperativos y la teoría de la justicia o sobre las maneras equitativas de distribuir bienes y servicios entre agentes (Eyckmans, 1997; Carraro and Siniscalco, 1998; Finus, 2001).

Se menciona la amplitud de este campo de conocimiento sólo para acotar que el problema estudiado aquí, en realidad, es uno similar a determinar cuál es la participación de un número dado de agentes en una cantidad fija o total de las presiones ambientales. Cualquiera sea el marco teórico empleado para analizar el problema es inevitable la observación, medición y registro sistemático de información (datos). Con estos recursos es posible construir un conjunto de indicadores e índices, dependientes de un conjunto de variables-argumento dados por las presiones ambientales, como auxiliares de los procesos de toma de decisión involucrados en la superación de un conflicto ambiental.

En consecuencia, es necesario definir las propiedades para tales indicadores y, en particular, si se trata de uno agregado, general y único. Pero también, se requiere, inevitablemente, precisar quién asignará las responsabilidades por presiones ambientales una vez identificadas y cuantificadas a plenitud de las partes implicadas (ver sección de conclusiones y recomendaciones).

La tesis central de este trabajo es que la solución de un *problema ambiental* requiere del conocimiento confiable sobre la contribución de las actividades económicas de cada agente a dicho problema. Si la contribución a un problema se puede representar a través de un conjunto de presiones ambientales, éstas permitirían la construcción de un índice cuyas características sean de aceptación general.

El índice de contribución a un problema o de responsabilidad ambiental (IRA) puede diseñarse a partir de una relación funcional donde los argumentos sean el conjunto de

presiones ambientales que describen completamente las consecuencias de la actividad humana dondequiera que se localice espacialmente. Para que un índice sea significativo se propone una función escalar de un conjunto de presiones ambientales:  $IRA=F(\text{presiones ambientales})$ .

Se postula que un compromiso o acuerdo durante un proceso de negociación se fortalece si los agentes (países, regiones, etc.) aceptan que los datos de partida son justos y transparentes. Por ende, la elección de un indicador importa. Si hay un IRA que satisface conceptos consensuados de justicia, su uso puede facilitar la cooperación en acuerdos ambientales y surgir compromisos para implementar políticas ambientales.

Un buen indicador de presión ambiental no debería permitir sospecha alguna; por ejemplo, algunos indicadores pueden mostrar un buen desempeño ambiental de países (o regiones) ricos, cuando realmente hubo un progreso real y simple de “pasar la factura” a los países (o regiones) pobres.

Una manera transparente sería derivar axiomáticamente un IRA en un marco analítico de I-O. Un IRA basado en consideraciones normativas y con las siguientes propiedades es un indicador consistente: i) toma en cuenta los efectos indirectos, ii) sigue un criterio de causalidad económica, iii) es aditivo entre agentes, iv) es monótono sobre las presiones ambientales directas y v) es simétrico en relación con las conductas de consumo y producción. Rodrigues, Domingos, Giljum, Schneider (2006) ofrecen una buena propuesta al problema, su IRA es el promedio simple entre presiones ambientales generadas para producir la demanda final y los inputs primarios de un agente y proponen también su método de cálculo. Otras propuestas de indicadores, que se derivan de campos como LCA, MFA, SDA, poseen algunas de las propiedades mencionadas pero no todas.

### Descripción analítica I-O de un sistema económico (SE)

Cada región realiza actividades de producción y consumo, por lo que cada sector económico recibe un conjunto de inputs y destina un conjunto de outputs como bienes y servicios medidos en unidades monetarias, según el estándar de una economía I-O.

Sea  $z_{ij}$  los flujos económicos del sector- $i$  al sector- $j$ . El ‘0’ identifica a los hogares de tal manera que  $z_{i0}$  es el flujo proveniente del sector- $i$  destinado a la demanda final y  $z_{0j}$  es el flujo de inputs primarios hacia el sector- $j$ ; por definición  $z_{00}=0$ . Toda la información económica se reduce a una matriz de flujos intersectoriales ( $Z$ ), un vector de inputs primarios ( $z_p$ ), el vector de demanda final ( $z_c$ ) y el vector de suma de todos los inputs o todos los outputs ( $z$ ). Así, la ecuación de balance para cualquier sector- $i$  está dada por:

$$z_i = \sum_j z_{ji} = \sum_j z_{ij} = \sum_j z_{ji} + z_{0j} = \sum_j z_{ij} + z_{i0}$$

Usando la notación matricial, con “ $'$ ” para la transpuesta e “ $i$ ” para el vector de unos, la ecuación anterior se reexpresa como:

$$z = Z' \cdot i + z_p = Z \cdot i + z_c$$

## Indicador de responsabilidad ambiental y sus propiedades

La solución de un problema ambiental pasa necesariamente por conocer la contribución particular de la actividad económica (producción y consumo) que realiza cada agente. Dicha contribución debe expresarse a través de un indicador ambiental y con frecuencia es un indicador de presión ambiental directa.

Se propone un IRA inter-espacial que mida confiablemente las cargas o contribuciones de cada región a un problema ambiental percibido por las partes como de interés general. Para este trabajo equivale *agente a región*, entendida como un grupo de entidades federativas o municipios, según sea la escala de interés.

Se considera que el compromiso de los agentes (regiones) a la aceptación y aplicación de políticas ambientales es creciente si ellos consideran que los datos están medidos de una manera justa, en tanto que estén debidamente compensados los intercambios entre ellos. El catálogo de indicadores de presión ambiental debe ser altamente confiable, en lo posible "libre" de toda sospecha.

De la literatura reciente se recupera la propuesta de J. Rodrigues *et al.* (2006) para la construcción de IRA, que a diferencia de las propuestas existentes (todas de los últimos 5 años) ésta es superior en términos de consistencia analítica y metodológica para su derivación.

Sirva de ilustración destacar que este último aspecto es importante porque presenta el marco analítico de I-O (incluye efectos indirectos) para un SE y las formas funcionales en que se apoya para la derivación de un IRA, que cumple con seis propiedades que precisan su consistencia. El resultado principal del trabajo de referencia es la regla "justa" para el indicador derivado y se propone un método explícito para su cálculo. Metodológicamente es impecable, respecto a una gran variedad de indicadores agregados equivalentes a éste.

Los indicadores ambientales pueden ser de estado, o relacionados con los stocks acumulados en el medio ambiente (p.ej. concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, etc.), o indicadores de presión, relacionados con los flujos que alteran los SA (p. ej. ton de CO<sub>2</sub> emitidos durante 1 año). Con toda la pérdida de generalidad (posibilidades dinámicas), pero ganancia en simplicidad, se enfatiza en los indicadores de presión por su disponibilidad y mayor confiabilidad; la experiencia europea es pionera en este sentido (OECD, 2002; EUROSTAT, 2004).

Es importante explicitar que el IRA recuperado para esta propuesta no toma en consideración la relevancia de las diferentes dimensiones de las presiones ambientales y cómo compararlas e integrarlas en algún índice significativo (Ebert and Welsch, 2004). En beneficio de una mayor claridad se hacen las dos aclaraciones siguientes:

1. Se trata de indicadores de presión ambiental del tipo global, en los cuales el efecto de la presión causado por un agente es igualmente transmitido a todos los demás, como en el caso de los gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El método es escalable al ámbito local, aunque a este nivel los efectos indirectos son menos importantes.

2. Los indicadores son definidos para alguna dimensión de presión ambiental tal como emisiones de carbono, flujos materiales o consumo de energía. Aunque existen muchos indicadores para cada dimensión (EUROSTAT, 2004), para algunas dimensiones la selección es indicadores de presión ambiental directa, que en realidad combinan presiones directas e indirectas (Bastianoni et al., 2004).

La “huella ecológica” es un buen ejemplo de estos indicadores que traducen a unidades equivalentes de suelo todos los requerimientos de energía y materiales para el consumo que realiza un país (o región; Wackernagel et al, 2002). Los flujos físicos (materia y energía) ilustran también otra clase de indicadores de presión ambiental estándar, tales como: Requerimientos materiales totales (TMR)<sup>6</sup>, que es igual a la extracción interna (TDE) más la importada; el consumo material total (TMC), que es la extracción asociada al consumo e igual a TMR menos la extracción ligada a las exportaciones (EUROSTAT, 2001)

**Definiciones generales:**

Se ha dicho que los agentes son regiones<sup>1</sup> compuestas de cierto número de sectores económicos típicos de una tabla I-O. Sea N el conjunto de todas las k-regiones, S<sub>N</sub> el conjunto de sectores de la región-k:

$$S_N = \bigcup_{k \in N} S_k$$

Cualquier región está definida por la colección de sectores que la componen (S<sub>k</sub>), igualmente, para el nivel más agregado que podría ser país, cuya colección de sectores es S<sub>N</sub>. Podemos definir la región-k como la coalición de estados k<sub>1</sub> y k<sub>2</sub>, k= k<sub>1</sub>+k<sub>2</sub>, si

$$S_k = S_{k_1} \cup S_{k_2} \quad \text{y} \quad S_k = S_{k_1} \cap S_{k_2} = f$$

Las variables relevantes para el marco analítico son:

w<sub>i</sub> (=0): presión ambiental directa del sector-i (i ∈ S<sub>N</sub>); es decir, los las presiones causadas directamente por las actividades de producción y consumo del sector-i.  
W<sub>k</sub>: presión ambiental directa emitida dentro de las fronteras de la región-k, definida

$$\text{como: } W_k = \sum_{i \in S_k} w_i .$$

W<sub>N</sub>: presión ambiental directa emitida dentro de las fronteras del país-N, suma de las presiones de todas las regiones (W<sub>k</sub>).

w: vector de presiones ambientales directas cuyos componentes son w<sub>i</sub> (i ∈ S<sub>N</sub>).

**Propiedades del IRA**

Sea U<sub>k</sub> un IRA de la región-k que se construye como una función real, continua, con valores no-negativos, definida para toda k en N, cuyas formas funcionales cumplen con las siguientes propiedades:

*P1. Aditividad.* Si k representa una coalición de las regiones k<sub>1</sub> y k<sub>2</sub> (k=k<sub>1</sub>+k<sub>2</sub>), entonces

$$U_k = U_{k_1} + U_{k_2}.$$

<sup>6</sup> Términos en ingles: TMR (total material requirements), TDE (total domestic extraction) y TMC (total material consumption).



*P2: Condición de normalización.* El valor del IRA para el agregado de las regiones (nación),  $U_N$ , es igual a su correspondiente presión ambiental directa:

$$U_N = W_N.$$

*P3: Contabilización de efectos indirectos.* Sea  $U_k$  una función  $U_k = U_k(v_{ij}, v'_{ij})$ , donde las cantidades  $v_{ij}$  y  $v'_{ij}$  son, respectivamente, los flujos de presiones ambientales *upstream* y *downstream*, definidos por:

$$\sum_j v_{ij} = w_i + \sum_j v_{ji} \quad \text{y} \quad \sum_i v'_{ij} = w_j + \sum_i v'_{ji}$$

Note que la P4 entendida en los términos de arriba es ya una “regla” básica de atribución de responsabilidades entre agentes y, como el daño ambiental corre como un subproducto de las actividades económicas, esta cuantificación es el input principal para realizar la evaluación según un CEA.

*P4: Causalidad económica.* La presión ambiental *upstream* de cualquier flujo económico,  $v_{ij}$ , debe cumplir con:

$$v_{ij} = m_i z_{ij}.$$

La presión ambiental *downstream* de cualquier flujos económico,  $v'_{ij}$ , debe cumplir con:

$$v'_{ij} = m'_i z_{ij}.$$

Donde la  $m$  y  $m'$  representan las intensidades ambientales *upstream* y *downstream* del sector- $i$ , respectivamente.

*P5: Monotonicidad.* El indicador  $U_k$  debe cumplir con:

$$\frac{\partial U_k}{\partial v_{ij}} \geq 0 \quad \dots \quad \text{y} \quad \frac{\partial U_k}{\partial v'_{ij}} \geq 0$$

*P6: Simetría.* El valor del indicador  $U_k$  debe ser el mismo si todas las  $v_{ij}$  y  $v'_{ji}$  son intercambiadas. El mismo valor para  $U_k$  también si todos los  $z_{ij}$  y  $z_{ji}$  son intercambiadas.

Las P1 y P2 restringen los rangos de variación de los argumentos del IRA e implican que la responsabilidad ambiental de una región dada sea su contribución al total de la presión ambiental; en particular, P2 impone al IRA la misma dimensionalidad que tiene la presión ambiental directa.

Las P3 y P4 definen los argumentos de la función IRA y restringe su forma funcional. Con P3 se precisa como argumentos a las presiones ambientales *upstream* y *downstream* ( $v_{ij}$  y  $v'_{ij}$ ) y P4 permite establecer una relación de proporcionalidad constante entre tales presiones y los flujos económicos a los que están vinculados (causalidad)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Aunque los autores recomiendan el tipo de causalidad económica, la otra posibilidad es la causalidad física (Rodrigues et al., 2006).

La P5 asegura que el IRA no mostrará señales erróneas o contradictorias como en el caso de estimar disminución en la responsabilidad ambiental cuando están aumentando las presiones ambientales directas. Y la P6 es la condición de simetría para las conductas del productor y el consumidor en la relación de causalidad económica.

### Derivación del IRA y método cálculo

Con este conjunto de propiedades Rodrigues *et al* (2006) pueden derivar un IRA que existe, en tanto que es posible su estimación, es único y que su forma funcional para la región-k es:

$$U_k = \frac{1}{2}(V_{k0} + V'_{0k})$$

es decir, el IRA para la región-k es el promedio aritmético de la presión ambiental *upstream* por demanda final y presión ambiental *downstream* por input primarios.

Metodológicamente la propuesta es completa en tanto que incluye un algoritmo para el cálculo del IRA.

Conocidos los datos ambientales (vector  $\mathbf{w}$ ), los datos económicos, (matriz  $\mathbf{Z}$ ) y los vectores  $\mathbf{z}_P$ ,  $\mathbf{z}_C$ ,  $\mathbf{z}$ , el IRA para cualquier región-k calculado como el promedio aritmético de las  $V_{k0}$  y  $V'_{0k}$ , las cuales se estiman como:

$$V_{ko} = \sum_i m_i z_{i0} \dots y \dots V'_{ok} = \sum_j m'_j z_{0j}$$

Sean  $\mathbf{b}$  el vector columna definido por  $(w_i/z_i)$  y  $\mathbf{A}$  la matriz dada por los elementos  $(z_{ji}/z_i)$ , entonces los vectores  $\mathbf{m}$  y  $\mathbf{m}'$  se calculan así:

$$\mathbf{m} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{b} \dots y \dots \mathbf{m}' = \mathbf{b}' (\mathbf{I} - \mathbf{A}')^{-1}$$

### Sistema de contabilidad física y espacial

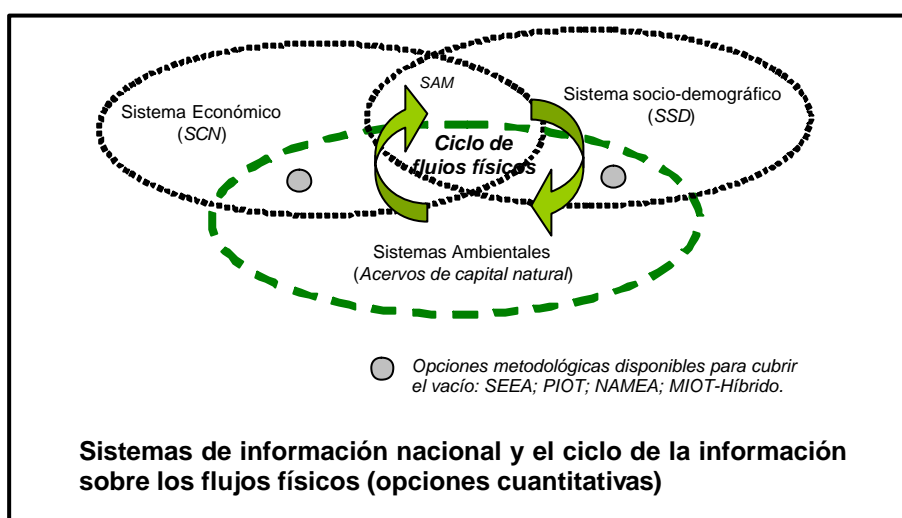
El marco analítico bosquejado y el IRA propuesto requieren de la creación de un sistema de contabilidad física y espacial, compatible con el sistema de cuentas nacionales (SCN), para que las actividades de producción y consumo estén conectados con los flujos físicos que inducen y poder identificar con ello responsabilidades.

El diseño y puesta en marcha de un sistema de información económico-ambiental regionalizado en México puede realizarlo el INEGI con suma solvencia y bajos costos. En realidad se intenta integrar el ciclo de flujos físicos con los tres sistemas de información de que normalmente disponen todas las naciones: el económico, el socio-demográfico y el ambiental (ver figura siguiente). Las fuentes de datos para la medición de los flujos y *stocks* físicos provienen de los generadores de actividades económicas y de un programa integral de monitoreo y vigilancia de los sistemas ambientales regionales.

Fundamentalmente con los sistemas de contabilidad "completos" (económico y físico) se describen las actividades realizadas en el SE, las cuales demandan extracciones de recursos y vierten desechos a los SA. Sin embargo, los stocks de capital natural son la parte necesaria para cerrar el sistema contable completo, aunque es difícil su

cuantificación pueden ser monitoreados y contabilizados sistemáticamente. De hecho se han construido en México capacidades institucionales para hacerlo: la CONABIO.

Solo así podríamos tener un conocimiento más preciso de las reservas y el ciclo de flujos físicos (biomasa y recursos naturales en general) que pasan por un SE. Este registro sistemático por origen y destino de los montos y composición de los flujos, permitiría reconstruir con mayor objetividad los patrones de apropiación humana de los SA, como una parte constitutiva de una visión de desarrollo sustentable. Sin estos sistemas de contabilidad completos es muy difícil implementar una estrategia de planeación ambiental sustentable para las regiones de México.



## Conclusiones y recomendaciones

En la mayoría de los países del mundo, como en México, la planeación económica regional ha sido el instrumento por excelencia para “equilibrar” diferencias estructurales, dinámicas de crecimiento y niveles de bienestar de aglomeraciones espaciales intermedias entre la Federación y los estados. De ninguna manera es un instrumento de política eliminado de las estrategias de desarrollo, se reforma y se mantiene como propuesta de política pública, aunque sigue sin aterrizar a escala regional por la escasez de instrumentos adecuados para operar programas, se queda en el plano de la retórica gubernamental (ver Madrigal, 2002). Más aún, en tal visión de desarrollo económico está ausente la perspectiva de sustentabilidad ambiental.

Alcanzar metas de desarrollo sustentable sin planeación ambiental es un escenario difícil de concretar. Aunque se debe pensar en una estrategia de planeación ambiental que no interfiera con políticas ambientales de orientación de mercado, en la medida que buenos diseños de política pública deben contribuir siempre a definir mejor, institucionalmente, los límites de un sistema de mercados y de la actividad humana en general. Porque la planeación contribuye a amortiguar efectos de incertidumbre en las decisiones individuales y colectivas, como las asociadas a derechos de propiedad e influiría en la reducción de los llamados costos de transacción.

Como se ha destacado, la planeación ambiental física y espacial requiere de un sistema de contabilidad de flujos y *stocks* físicos (espacializados) para mejorar el control o gobierno sobre los procesos de interdependencia SE-SA, reduciendo la incertidumbre. Luego entonces, un sistema de planeación física (y espacial) tendría las características generales siguientes:

- 1) Un modelo que permita analizar procesos de interdependencia SE-SA, que incorpore al análisis los cambios en las variables de flujos y *stocks* físicos (control).
- 2) Conformar un *sistema social de señales* dentro del cual están los precios y las señales físicas correspondientes, para regular las variaciones en los flujos y *stocks* físicos, que sintetizan la información sobre el conjunto de transformaciones materiales que ocurren en los procesos de producción y consumo del sistema global SE-SA.
- 3) Creación de un sistema de contabilidad física, compatible con el SCN, para que los nexos con las actividades de producción y consumo estén ancladas a los flujos físicos que inducen. Son las “huellas” o presiones sobre los *stocks* de capital natural que genera funcionamiento del sistema SE-SA.
- 4) Diseño de indicadores como el IRA sería fundamental para distribuir responsabilidades, constitución de fondos ambientales por región y base para asignar recursos y compensaciones económicas regionales.
- 5) Creación de instituciones, entre ellas una *autoridad regional de gestión ambiental* que mejore el gobierno o control de los flujos y *stocks* físicos de los espacios regionales de interés.

Sin esto no sería posible construir análisis de escenarios para el diseño y evaluación de estrategias de desarrollo regional sustentable en México.

## Bibliografía

- Bastianoni, S., Pulselli, F.M., Tiezzi, E., 2004. "The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions". *Ecological Economics* 49, 253-257.
- Borraro, R. 2005. *Desarrollo regional sustentable: Un enfoque estructural de flujos físicos*; Documento de investigación completo (inédito).
- Bringezu, S. and Schütz, H., 2001. *Material use indicators for the European Union, 1980-1997. Economy-wide material flow accounts and balances and derived indicators of resource use*, EUROSTAT Working Paper, No. 2/2001/B/2. Wuppertal Institute.
- Carraro, C., Siniscalco, D., 1998. "International environmental agreements: incentives and political economy". *European Economic Review* 42 (3-5), 561- 572.
- Ebert, U., Welsch, A., 2004. "Meaningful environmental indices: a social choice approach". *Journal of Environmental Economics and Management* 47, 270-283.
- EUROSTAT, 1999. *Toward environmental pressure indicators for the EU*. Luxemburg.
- EUROSTAT, 2001. "Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide". *Office for Official Publications of the European Union*, Luxemburg.
- EUROSTAT, 2004. "A selection of environmental pressure indicators for the EU and acceding countries". *Statistical Office of the European Union*, Luxemburg.
- Eyckmans, J., 1997. "Nash implementation of a proportional solution to international pollution control problems". *Journal of Environmental Economics and Management* 33, 314- 330.
- Finus, M., 2001. *Game Theory and International Environmental Cooperation*. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Heijungs R., 2001. *A theory of the environment and economic systems. A unified framework for ecological economic analysis and decision support*. Advances in Ecological Economics, Ed. Edward Elgar.
- Madrigal J. A., 2002. "El nuevo modelo de desarrollo regional". *Rev. El Mercado de Valores*, Número 3 (marzo), Año LXII, Nacional Financiera.
- Rodrigues J., Domingos T., Giljum S. and Schneider F. 2006. "Designing an indicator of environmental responsibility". *Ecological Economics* 59, 256-266.
- Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Callejas Linares, A., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R., Randers, J., 2002. "Tracking the ecological overshoot of the human economy". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (14), 9266-9271.