

Materias primas y la economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industrial

Stephen Bunker*

RESUMEN

Muchos autores en el campo de la Ecología Industrial afirman que el menor volumen de materias primas por unidad de Producto Nacional Bruto constituye un proceso de «desmaterialización», y sugieren que este proceso permitirá un crecimiento sostenido de producción y riqueza, a la vez que atenúa los impactos negativos sobre el ambiente. Hay que tener en cuenta que la desmaterialización ya ha sido una estrategia central del capitalismo industrial desde sus inicios, con la intención de reducir los costos de producción. El resultado ha sido, históricamente, un uso mayor, y no un uso menor, de materias primas. Quienes proponen la desmaterialización, no solo olvidan esta historia sino que además olvidan que lo ecológicamente significativo es el volumen material absoluto de materias primas consumidas, y no el volumen en relación al PNB. A escala de todo el planeta, los volúmenes y las distan-

cias de transporte de los minerales más importantes siguen aumentando, aunque algunos afirmen que la economía se desmaterializa.

INTRODUCCIÓN

Que el ser humano sea un ser corpóreo, vivo, real, sensual y objetivo, y una fuerza de la naturaleza, quiere decir que los objetos y las expresiones de su vida son objetos reales y sensoriales, escribió Karl Marx (1982, 207). Y Madonna lo ha dicho así: Soy una chica material, que vive en un mundo material. La «Ecología Industrial» es un concepto y un campo de estudio que hizo su aparición en 1989 (Frosch y Gallopoulos, 1989, 1990), y se refería inicialmente a las estrategias seguidas por algunas industrias para eliminar la contaminación transformando sus residuos y subproductos en materias primas de otros procesos industriales. En ese mismo año, Ayres (1989) introdujo y describió su idea del «metabolismo industrial», que él y algunos colegas suyos establecieron a partir de la cuidadosa medición de los residuos químicos y minerales en la cuenca de un río con una larga historia de uso industrial. Como suele acontecer en nuestra época, ambas nociones, ecología industrial y metabolismo industrial, fueron rápidamente aplicadas a nivel global, con muy distintas consecuencias para su integridad intelectual. Mientras Ayres globalizó su análisis al comparar estimaciones de los impactos humanos sobre los grandes ciclos biogeoquímicos (carbono, azufre, fósforo y nitrógeno) en la era preindustrial y actualmente (Ayres y Axtell, 1992, Ayres *et al.*, 1996, también Ayres, 1996), los proponentes de la ecología industrial han hecho un trabajo más superficial, con estimaciones globales muy optimistas al extrapolar los resultados de las experiencias y de los éxitos «desmaterializadores» de un pequeño número de empresas e industrias. Han justificado esas extrapolaciones suponiendo que el descenso del volumen de

materiales por unidad de producción en algunos sectores y países, anunciaba una tendencia general a la «desmaterialización», esto es, una reducción general en el consumo de materiales y por tanto en la contaminación. En este artículo argumentaré que la desmaterialización no es una nueva respuesta a los problemas ambientales sino un medio históricamente habitual de reducir los costos de producción, y que sus efectos son los contrarios a los que afirman esos proponentes de la ecología industrial. Al reducir los costos unitarios de producción, se acelera la circulación del capital y también la apropiación de materiales y energía de la naturaleza se hace más barata y por tanto más intensa, todo lo cual puede exacerbar los impactos ambientales de la industria.

La ecología industrial ha incorporado el estudio del metabolismo industrial, y hoy en día abarca un muy amplio conjunto de intereses y perspectivas: desde una contabilidad de los flujos materiales y energéticos globales, y los impactos humanos sobre ellos, hasta informes congratulatorios sobre los éxitos de algunas empresas e industrias en reducir su uso de energía y su producción de residuos (ver Socolow *et al.*, 1994). Tibbs (1992, 1993) intentó sintetizar todas esas perspectivas en una elocuente y optimista versión de la ecología industrial (ver también Hawken, 1993), pero no logró una síntesis convincente, ya que las unidades de análisis son conceptual e ideológicamente muy heterogéneas. Este artículo se apoya en los argumentos de Tibbs y en los trabajos que él usó, para mostrar como él mismo, y otros también, en sus análisis de los flujos de materiales y de la desmaterialización no han logrado separar adecuadamente los cambios en los niveles de las empresas, de los sectores económicos, de las naciones o estados, y globalmente.

La tesis de la desmaterialización expuesta por Tibbs extrapolaba a toda la economía mundial la intensidad decreciente del uso de algunos materiales en países industrializados. Los ejemplos de Tibbs sobre la obtención de una mayor generación de riqueza con menores cantidades de materias primas por unidad de producto venían, sobre todo, del sector de la información, sin atender realmente al contenido de esa información ni a las relaciones muy materiales entre este sector y el resto de la economía. Tibbs no prestó atención a las teorías del ciclo económico y del ciclo de vida de los productos (Dean,

1990, Kuznets, 1930, Schumpeter, 1950) según las cuales las innovaciones consiguen muchas ganancias y estimulan nuevas inversiones sin sustituir necesariamente a los antiguos sectores donde la tasa de ganancia ya está en descenso. Los nuevos sectores se añaden a los viejos, más que sustituirlos. La ganancia es mayor en los nuevos sectores, pero eso no implica que el volumen de la producción en los sectores antiguos disminuya. Así, por ejemplo, el sector del automóvil es ya un sector antiguo que sin embargo está en crecimiento en el mundo. En general lo mismo ocurre en el sector industrial de metales básicos que continúa creciendo aunque las tasas de ganancias de sus industrias transformadoras no sean altas (Humphrey, 1982, Labys y Waddell, 1989). Además, si hemos de analizar la *ecología* de la industria, ese análisis ecológico no puede descansar en medidas monetarias de las tasas de crecimiento y de ganancia en las industrias de materias primas, sino en medidas físicas. La economía tal vez explica la dinámica social de apropiación humana de la naturaleza pero no lo que ocurre en la propia naturaleza. El dinero y el capital pueden crecer por la acción social humana; la materia y la energía no pueden, o por lo menos habría que decir que el análisis ecológico requiere medir con sus propias unidades de medida la cantidad de materiales extraídos de los ecosistemas y devueltos como residuos a los mismos. Los *stocks* de materias primas naturales y las capacidades de absorción de los ecosistemas no pueden crecer a voluntad sino que más bien tienden a decrecer a través del uso humano en las economías modernas. Si la tesis de la desmaterialización se apoya en unidades monetarias de medida, no puede ser convincente. No hay que confundir las cuentas económicas con las cuentas ecológicas, especialmente cuando las capacidades regenerativas o recicladoras del planeta ya han sido sobrepasadas.

Si los economistas piensan en tasas de crecimiento de la producción, donde esta se mide por sus precios en dinero, es precisamente porque para los economistas no existen límites físicos a la circulación acelerada de capital, pero los ecólogos deben prestar atención a la relación entre las cantidades extraídas, las cantidades producidas por la naturaleza, y el *stock* inicial. En las medidas monetarias, un estancamiento o un pequeño descenso del consumo, puede tener enormes efectos en las ganancias de economías regionales o de la economía global,

pero desde un punto de vista ecológico, que el consumo de una materia prima baje un poco, si ya era muy grande y había excedido la capacidad de producción sostenible o la capacidad de absorción de residuos, no puede realmente ser considerado como un gran paso hacia la desmaterialización. Pero quienes sostienen la tesis de la desmaterialización, usan unidades de medida monetarias, y llegan pues a conclusiones erróneas.

También es errónea la idea de que la desmaterialización es un fenómeno nuevo que indica una nueva dirección para la economía mundial. Sabemos que el capitalismo prospera históricamente al reducir costos de producción. No basta con reducir los precios por unidad de materia prima y por unidad de trabajo; además, hay que pagar, como mínimo, lo necesario para cubrir costos de extracción y de reproducción de la mano de obra. Por tanto, ha habido también una tendencia a reducir no solo el precio sino también la cantidad física de materias primas por unidad de producto. La cantidad de carbón de leña usado para lograr una tonelada de hierro cayó a la mitad entre 1540 y 1750, y además se perdía menos hierro dulce en la conversión a hierro forjado (Harris, 1988). Isard (1948) documentó cuidadosamente el descenso dramático en las cantidades de mineral de hierro y carbón necesarias para producir hierro, y luego acero, durante tres siglos. Además de cambiar la localización de la industria que el gran peso de las materias primas había determinado, esa desmaterialización progresiva permitió también muchos otros usos para el hierro y acero. La historia es similar para el uso del estaño en la industria del acero, para el cobre y el aluminio en la transmisión de electricidad o, en épocas anteriores, para el uso de madera en el trazado de las vías de ferrocarril: al hacer los durmientes con sierras en vez de con hachas, no solo se ahorraba trabajo sino, sobre todo, madera (Brown, 1937).

Igualmente importantes han sido las tecnologías que han logrado más resistencia por unidad de peso de metal, y las aleaciones que han retrasado la corrosión o el deterioro por el calor. Estas tecnologías no solo han reducido la masa de materias primas por unidad producida sino que también han permitido nuevas aplicaciones de las materias primas en nuevos productos, y aunque algunos de esos nuevos productos han sustituido a los antiguos que eran más material-intensivos, otros, simplemente han sido añadidos a la cornucopia de la producción y

del consumo. Otro factor en la reducción de la masa de materias primas por unidad de producto ha sido el cambio de materiales, de la madera al acero, al aluminio y al plástico, o de la leña, al carbón, al petróleo y al gas natural. Otro impulso a la desmaterialización ha sido dado por las guerras, los embargos, las guerras de aranceles del comercio exterior. Todo eso no es nuevo. Marx, por ejemplo, ya señaló cómo el bloqueo de los estados del sur en la guerra civil en Norteamérica en los años 1860 hizo subir los precios del algodón en Inglaterra y eso redujo la composición orgánica del capital y redujo también la productividad del trabajo. La causa de la disminución de la productividad era que los fabricantes «desmaterializaron» la producción textil al exigir que los trabajadores reciclaran trapos y usaran fibra más corta e irregular que antes se desechaba. Si los precios del algodón eran baratos, se usaba, por el contrario, solamente fibra larga, lo que permitía mayor productividad en el tiempo de trabajo.

Los procesos de ahorro en el uso de materias primas son anteriores a la Revolución Industrial, y han sido muy dinámicos en toda la historia del capitalismo. La reducción de la masa por unidad de producto, frecuentemente ha reducido la masa de materiales consumidos en los sectores donde se introducía la innovación tecnológica, y cuando esos sectores proporcionan insumos a otros muchos sectores, como es el caso de los metales básicos, esos cambios pueden reducir globalmente el consumo de materias primas. Ahora bien, esa reducción casi nunca ha durado mucho, ya que al lograr una reducción de costos por unidad, ha crecido el mercado o se han introducido nuevos productos. Tampoco duran mucho las desmaterializaciones conseguidas por interrupciones políticas en el suministro de materias primas. A lo largo del tiempo, la desmaterialización no ha reducido la cantidad de materiales extraídos de la tierra, transformados y devueltos al suelo o al agua o al aire como desechos, sino que la desmaterialización ha contribuido a aumentos continuos en la productividad del trabajo, a mayores ganancias y a un mayor poder de compra y a acelerar los circuitos del capital. Esta expansión ha requerido, a su vez, una masa mayor de transformación de material. En resumen, la mayor eficiencia en el uso de las materias primas contribuye a lograr una mayor capacidad social de consumo de materias primas. Este efecto se nota muchísimo en el trans-

porte de materias primas, donde la progresiva desmaterialización de la construcción de los vehículos o navíos, el menor empleo de combustible y de mano de obra por unidad transportada (medida en peso o volumen), ha abaratado dramáticamente las importaciones de materias primas (Bunker y Ciccantell, 1995). Ese abaratamiento hace aumentar la productividad del trabajo, y así hace aumentar más la demanda efectiva y el consumo de materias primas.

Este resumen de la historia de la desmaterialización solo puede demostrar una cosa: que la novedad que los ecólogos industriales descubren ahora, no es tal. Nos hace ser precavidos frente a quienes se entusiasman con la actual desmaterialización, pero no permite afirmar que no tengan razón. Por tanto, veamos a continuación de dónde proviene la tesis de la desmaterialización, cuáles son los datos en que apoyan sus análisis, cuál puede ser la crítica a sus interpretaciones. Después, presentaremos algunos datos sobre la masa de materias primas que actualmente se usa, señalando además cómo el impacto ambiental de esas materias primas no depende solo de su volumen sino también de sus características químicas y geológicas, y de la manera en que estas influyen en los procesos de extracción, transformación, uso de productos y disposición de residuos. Mostraremos cómo algunos metales ligeros que están complementando (más que sustituyendo) a los tradicionales, tienen mayores impactos ambientales en proporción a su peso que, por ejemplo, el hierro o incluso el aluminio.

UNA BREVE HISTORIA DE LA TESIS DE LA DESMATERIALIZACIÓN

Cuando en 1974 bajó la demanda de metales, eso despertó la actividad de dos grupos distintos de intelectuales. Los economistas de recursos naturales en el mundo académico y en la industria inventaron metodologías econométricas sofisticadas para desagregar las causas de ese descenso en la demanda, para poder así prever mejor el futuro. Otro grupo de analistas usó esos datos para aumentar el coro de voces que indicaban los errores empíricos, lógicos y de modelización en el Informe Meadows del Club de Roma (1972). El mensaje explícito o implícito ha sido que la industria inventará nuevas formas téc-

nicas y organizativas para salvar a la economía y a la sociedad del colapso que podría esperarse a causa del agotamiento de recursos naturales y de la degradación de los ciclos biogeoquímicos.

El método econométrico más exitoso fue el Índice de Intensidad de Uso (IIU) empleado por Malenbaum (1977) que mide la cantidad de toneladas de materiales consumidos en relación al ingreso nacional o al producto interior bruto. Ese Índice proporciona sin duda una información interesante sobre el uso de materias primas en distintas sociedades, y es instructivo seguir sus cambios en el tiempo, o comparar distintas economías, pero las estadísticas necesarias no están siempre disponibles. Hay que tener estadísticas para cada materia prima, que tengan asimismo en cuenta todas sus características y usos. Solo hay Índices de Intensidad de Uso para los materiales más importantes y para los países más industrializados. Labys and Waddell (1989) construyeron IIU para 20 metales, pero solo para Estados Unidos. Humphreys y Briggs (1983) siguieron la trayectoria de 22 minerales desde 1945 a 1980 en el Reino Unido, y Tilton (1989) comparó el uso de minerales en Japón y Corea con el de los países de la OCDE, pero no disponemos todavía de datos globales a lo largo del tiempo. Además, si tenemos en cuenta los flujos del comercio exterior, la dificultad de construir IIU aumenta muchísimo, ya que habría que desagregar los contenidos materiales de los productos importados y exportados. Si, como parece, los países industrializados para los que disponemos de IIU, están enviando una buena parte de su extracción y transformación de minerales y de su industria pesada a otros países, entonces no podemos alcanzar conclusiones firmes que se basen solamente en los IIU de unos pocos países. Lo que importa es el uso global de materiales en toda la economía. Tampoco podemos olvidar que el IIU se calcula dividiendo la masa de materiales usados por el PIB, y es posible que ese denominador aumente al aumentar la circulación de capital (por ejemplo, aumenta el sector de los servicios financieros), y por tanto que el IIU disminuya, pero eso es engañoso. Antes de cantar la victoria de la desmaterialización, hay que contar físicamente el volumen absoluto de materias primas. *El impacto ambiental no depende tanto de que haya una relativa pérdida de peso de las materias primas en el PIB sino de la cantidad física anual y acumulada de*

materias primas extraídas y de los desechos que tornan al ambiente. La tesis de la desmaterialización debe tener en cuenta que, a pesar de que en los países industrializados, los sectores de servicios e información crecen más que la industria, eso no implica una mejora ambiental si en otros países hay aumentos de la extracción de materias primas e incluso aumentos en sus IIU. Así está ocurriendo en Corea (Hwang y Tilton, 1990), Brasil, la India, donde los IIU de los metales básicos han aumentado mientras bajaban en las OECD. Japón aumenta su enorme uso de materias primas y lo mismo ocurre o va a ocurrir en los países de reciente industrialización del este de Asia. Esas tendencias serán aún más fuertes si se confirma el crecimiento económico de los últimos dos o tres años en muchos países del mundo (aunque no en Japón). No solo se van a construir muchísimas infraestructuras en los países de nueva industrialización sino que en países como Estados Unidos hay un enorme terreno para la renovación de la infraestructura que está en deterioro. Por ejemplo, asusta el estado de las represas en Estados Unidos. En todo el mundo, con la globalización del comercio, se realizan enormes obras de acondicionamiento de puertos, Estados Unidos debe ponerse al día en comparación a Europa o Japón.

Por el contrario, cuando hay una recesión económica, la demanda de materias primas baja más que el PIB, y eso puede llevar a la conclusión errónea de que hay una tendencia permanente a la desmaterialización, como Larson *et al.* (1986) concluyeron en su influyente artículo «Más allá de la era de los materiales», publicado en la científicamente prestigiosa revista *Scientific American*. Hay aún otro factor que dificulta las proyecciones: la posibilidad de guerras que intensifiquen el consumo de materias primas.

TENDENCIAS EN LAS CANTIDADES ABSOLUTAS DE MATERIAS PRIMAS EXTRAÍDAS Y PROCESADAS

Los estudios más amplios de Índices de Intensidad de Uso, referidos a Estados Unidos (Labys y Waddell, 1989) muestran que los nuevos materiales complementan, más que sustituyen, los viejos materiales cuyos IIU bajan. Muchas de esas nuevas

materias primas tienen pesos atómicos más ligeros y, por tanto, se usan en masa inferior, aunque no siempre sucede así: por ejemplo, la extracción de roca de fosfato se triplicó entre 1950 y 1980 y se calcula que alcance los 250 millones de toneladas en el año 2000. Solamente el carbón y el hierro, además del petróleo, exceden esa cantidad en las exportaciones mundiales. La minería de roca de fosfato ha sido caracterizada como una industria que estropea la tierra, contamina el agua y el aire, y crea peligros de radiación (U.S. Bureau of Mines, 1985, p. 589). La roca de fosfatos debe ser molida o triturada y desprende cantidades enormes de polvo, y por cada tonelada de ácido fosfórico que se produce, hay 3,5 toneladas de desperdicio. El procesamiento produce fluoruros y óxido de uranio, que no pueden ser capturados totalmente. También requiere grandes cantidades de agua, y el barro arcilloso resultante, similar a los barrojos rojos del procesamiento de la bauxita, se convierte en un problema ambiental y de gestión. La intensidad del uso de fosfatos continúa aumentando en el mundo, es decir, la masa consumida crece más que el PIB mundial.

Es cierto que otros minerales cuyos IIU aumentan, se consumen en cantidades más pequeñas que la roca de fosfato y también en cantidades inferiores al hierro, o al cobre o al aluminio, que son metales de tecnologías «viejas», pero esos nuevos materiales frecuentemente causan subproductos tóxicos o su procesamiento es muy intensivos en el uso de energía. El germanio y el cobalto muchas veces son producidos como subproductos de la fundición de cobre o de zinc y no son dañinos en sí mismos a menos que subsidien la explotación de minas de cobre marginales o ambientalmente peligrosas. La barita, aunque sea químicamente inerte y no sea tóxica, está asociada con compuestos que son venenosos en sales solubles de bario. El grupo del platino contiene orgánicos tóxicos, metales tóxicos, fenoles, amonía, y cloruro de fluor y cloruro amónico. La minería de titanio no es dañina pero es muy intensiva en energía y los desperdicios, que son más de tres veces mayores que el mineral beneficiado, desprenden ácido sulfúrico y también sulfato ferroso heptahidratado. Estas industrias son de reciente expansión y su escala es menor en comparación al hierro o aluminio o cobre, pero hay que destacar su impacto ambiental. No nos vamos a embarcar aquí en el análisis detallado de ese impacto pero pensamos que el estudio de la

desmaterialización exige estudiar todos los minerales que se usan, y los procesos físicos y químicos usados en su extracción y transformación.

Un punto aún más importante es que, en lo que respecta a la cantidad absoluta usada y no a la cantidad en relación con el Producto Nacional Bruto, esos nuevos minerales ligeros no sustituyen sino que se añaden a otras materias primas cuya extracción y transformación todavía aumenta aunque su participación en el PNB esté en descenso. Así, la extracción de hierro bajó de su record de 1989, pero muy poco, y parece que tiende a aumentar. El hierro es el metal industrial por excelencia, con un consumo que es diez veces mayor que todos los demás metales juntos. La industria del hierro y del acero hace tiempo que sufre una crisis de exceso de capacidad. Dado su papel real y simbólico durante un siglo y medio de industrialización, tal vez se preste mucha atención a esa industria en detrimento de la atención que se dedica a la creciente extracción y transformación de aluminio, cobre, níquel y zinc. Entre los «viejos» metales, solamente el plomo ha tenido un descenso absoluto, habiendo sufrido fuertes ataques sociales y legales, en parte por sus efectos demostrados contra la salud infantil.

Tal como fue indicado anteriormente con respecto a los nuevos materiales, la evaluación del impacto ambiental de esas industrias «viejas» del metal requiere un análisis metal por metal cuando no mina por mina, y fundición por fundición. El cobre es mucho más sucio de extraer o procesar que el aluminio o el hierro, por los subproductos químicos del propio mineral y porque su ley es muy baja en la mayoría de los yacimientos. Al extraerse bauxita comercialmente, suele obtenerse un 25% de aluminio, mientras que se explotan minas de cobre con una riqueza inferior al 1%. Incluso aunque el descenso de consumo de hierro resultara ser permanente, puede ser ecológicamente más significativo el aumento de consumo de otros materiales que ese descenso. Pero además, seguramente, el descenso de la extracción y procesamiento de hierro es un fenómeno transitorio debido a la coincidencia de varios factores económicos y técnicos. McSweeney e Hirotsako (1991) han argumentado que hace falta menos hierro para conseguir una resistencia determinada, debido al proceso continuo (que ahorra 20% de acero), y al sistema de enfriamiento que aumentan su resistencia. El diseño asistido por ordenador economiza la cantidad de acero,

mientras que las nuevas técnicas de control de la corrosión evitan que haya que usar un suplemento de material para prevenirla. McSweeney e Hirotsako afirman que esas mejoras ya se han logrado en la mayor parte de los países de la OECD. Puede aumentar aún la resistencia de los aceros, pero ellos creen que volverá a aumentar la extracción de hierro. En cualquier caso, vemos aquí que, más que suponer una tendencia casi espontánea a la desmaterialización general, lo que hace falta es analizar con cuidado los procesos físicos en cada caso.

Finalmente, en muchas industrias el reciclaje (incluso ayudado con subvenciones) está alcanzando sus límites económicos. El reciclaje tiende a aumentar cuando aumenta el costo de los metales primarios y, por tanto, puede ser que aumente si hay una escasez temporal, pero lo que estamos observando es un aumento de la capacidad instalada de mineración y de procesamiento de minerales, en países distantes de los centros industriales. Puede haber diferencias entre metales, y además la legislación que Tibbs (1993) indica puede llevar a un mayor reciclaje, pero hay restricciones físicas y económicas al reciclaje. Por ejemplo, es sabido que resulta mucho más caro reciclar las aleaciones. También sucede que la producción de chatarra en los países industriales se aleja ahora geográficamente de las industrias de transformación de minerales localizadas en países del sur del planeta.

OTRA VEZ EL ÍNDICE DE INTENSIDAD DE USO

Si la disminución del IIU no quiere decir que realmente la economía se esté desmaterializando, ¿entonces qué significa? Como mínimo, significa que las viejas materias primas pierden valor económico, que las regiones que dependen de ellas verán como empeora su relación real de intercambio, y puede que también empeore la posición negociadora de los países que exportan minerales, bajando sus rentas y su capacidad política de controlar las consecuencias ambientales de la industria minera. En otras ocasiones hemos mostrado (Bunker, 1992, 1994, Bunker y O'Hearn, 1992) que los Estados y las empresas de las economías en expansión, como la japonesa, tienen estrategias de actuación para asegurarse materias primas, como

carbón, cobre, hierro, aluminio, uranio, gas natural y petróleo, y para promover infraestructuras necesarias para su transporte. Eso pone la idea de desmaterialización en duda (Bunker y Ciccantell, 1994). Esas estrategias están muy relacionadas con lo que se ha llamado (Oman, 1984, 1989, Bomsel et al., 1990) nuevas formas de inversión internacional (NFI), es decir, las empresas de países industrializados logran acceso a materias primas cediendo una parte de las acciones (y por tanto de los riesgos y las deudas) a los Estados o a empresas de los países exportadores menos desarrollados. Las NFI incluyen *joint ventures*, contratos de compra a largo plazo condicionados a devolución de préstamos, y otras formas de subcontratación. Tibbs (1992) llamó a este proceso, descentralización de la economía global, y pensó que el mayor control local podía llevar a una mayor sensibilidad ambiental, pero yo creo que las NFI implican a menudo una voluntaria restructuración espacial hacia países pobres de las industrias más sucias y más material-intensivas (Barham et al, 1994). Esta restructuración quiere decir que los IIU de los países industrializados, considerados uno por uno, pueden descender engañosamente. La mejora de eficiencia en los países industrializados puede empeorar los problemas ambientales de la extracción global de materias primas. Si los países pobres se subordinan a las empresas transnacionales al entrar en *joint ventures* o al convertirse en accionistas de la extracción de materiales para mercados a los que no tienen acceso propio, entonces nada se gana. Con el sistema anterior, cuando las empresas extranjeras eran propietarias directas únicas, a veces por lo menos restringían la oferta para obtener precios mayores, pero ahora los países pobres, convertidos en accionistas, compiten entre sí, vendiendo más y más a precios menores. Así, las NFI llevan a un exceso de capacidad extractiva y a precios bajos (Bunker y Ciccantelli, 1994). Además, los propios países pobres, accionistas, asumen los riesgos ambientales y sociales de los eslabones más dañinos en la cadena de producción, y así protegen a las sociedades industrializadas de la contaminación, y también protegen a las grandes empresas multinacionales de sus responsabilidades y pérdida de prestigio. Ese es el lado oscuro de esa descentralización que a Tibbs (1992) le pareció tan prometedora.

Las NFI no solo han sido la manera de conseguir suministros sin aceptar los riesgos comerciales ni la responsabilidad

del daño ambiental de la extracción y procesamiento de minerales sino que además las NFI han conseguido trasladar los lugares de ganancia de los puntos de origen de las materias primas a otros puntos sucesivos de las cadenas de producción, donde los procesos de producción son más limpios. Un ejemplo, significativo aunque no muy importante en sí mismo, puede encontrarse en la industria de la información, donde los grandes gigantes no producen sus propios chips, y no tienen ninguna intención de asumir la responsabilidad ambiental de la transformación del sílice en el silicón electrónico.

La extracción y el procesamiento de la mayoría de los metales es un asunto muy sucio, que ha crecido mucho en áreas remotas para compensar el aumento de consumo y el agotamiento de los yacimientos y de la capacidad de absorción de desechos en los centros industriales. La creciente distancia entre los lugares de extracción y transformación y de uso está llevando a una enorme expansión del transporte marítimo y a crear grandes infraestructuras de ferrocarriles y puertos. Se imponen proyectos a economías y sociedades regionales que no disponen de medios sociales y políticos para regular los impactos ambientales ni tampoco para aprovechar las rentas de la minería o el procesamiento (Bunker, 1989, 1992, 1994, Bunker y Ciccantell, 1995), todo eso para sacar más y más minerales y transportarlos más lejos (Tabla 1).

Tabla 1:
Volumen de materias primas transportadas por mar
(miles tn.)

Año	Petróleo	Carbón	Mineral de hierro	Bauxita y aluminio
1960	366.000	46.000	101.000	17.000
1990	1.190.000	342.000	347.000	52.000
Total de toneladas-milla de transporte marítimo (miles mill.)				
1960	1650*	145	264	34
1990	6261	1849	1978	205

* Datos para 1962. Fuente: Fearleys, *World Bulk Trade*.

La Ecología Industrial debe considerar esta realidad. Aunque los IIU y las tasas de ganancia de los sectores de materiales básicos tiendan a disminuir, la industria en general continúa dependiendo de esos materiales básicos. Si hay que incluir la naturaleza en un universo ético y moral (Tibbs, 1993), eso se logrará si algunos grupos sociales procuran que así sea. Para que también ese creciente mundo material de la extracción y procesamiento de minerales en lugares remotos entre en ese universo ético y moral, hace falta que algunos grupos sociales luchen para lograr esa inclusión. Son grupos cuya existencia es obvia ya que cada vez se extraen mayores masas de materias primas de la tierra, a pesar del descenso de los IIU.

Para que la Ecología Industrial pueda lograr sus importantes fines, sus proponentes tienen que aprender a pensar física o materialmente en términos globales, que al mismo tiempo permitan el análisis de los efectos ecológicos, económicos y sociales locales. La Ecología Industrial no debe confundir lo económico con lo ecológico, no puede confundir tasas de ganancia, inversión o empleo en un sector determinado (tal vez en descenso) con la masa real de materia que transforma ese sector, a riesgo de servir simplemente como apología de las empresas en otros sectores económicos con ritmos más fuertes de innovación y de ganancias, y que son relativamente limpios. El argumento de Tibbs (1992, 1993) da la desmaterialización como un hecho ya conseguido, pero extrapola ejemplos de industrias con altas ganancias, cuya estructura corporativa está totalmente independizada en lo financiero de la base material-intensiva que las sostiene. Hace falta una Ecología Industrial con compromisos éticos y políticos, y que piense ecológicamente, dando atención a los procesos materiales y a la dinámica de la economía.

BIBLIOGRAFÍA

- AYRES, R.U., 1989, «Industrial metabolism» in *Technology and environment*, J. Ausubel, pp. 23-49, Washington, DC: National Academy Press.
- y R. AXTELL, 1992, «Industrial metabolism and the grand nutrient cycles», artículo presentado en el Global Change Institute on Industrial Ecology and Global Change, Snowmass, CO (June).
- W.H. SCHELSINGER, y R.H. SOCOLOW, 1994, «Human impacts on the carbon and nitrogen cycles» en *Industrial ecology and global change*, eds. R. Socolow, C. Andrews, F. Berkhout, y V. Thomas, pp. 121-155, Nueva York: Cambridge University Press.
- L.W. AYRES, *Industrial Ecology: Towards closing the materials cycle*, Edward Elgar Publishing, 1996.
- BARHAM, B., S.G. BUNKER, y D. O'HEARN, eds. 1994, *States, firms, and raw materials: the world economy and ecology of aluminum*, Madison, WI: University of Wisconsin Press.
- BOMSEL, O. con I. Marques, D. Ndiaye, P. de Sa., 1990, *Mining and metallurgy investment in the Third World: The end of large projects*, Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- BROWN, N.C., 1937, *Timber products and industries*, Nueva York: John Wiley & Sons.
- BUNKER, S.G., 1989, «Staples, links, and poles», *Sociological Forum*, 4, pp. 589-609.
- 1992, «Extractive economies and power differentials in the world system», en *Understanding economic process*, eds. S. Ortiz y S. Lees, pp. 61-84, Washington, DC: University Press of America.
- 1994, «The political economy and ecology of raw material extraction and trade», en *Industrial ecology and global change*, eds. R. Socolow, C. Andrews, F. Berkhout, y V. Thomas, pp. 437-450, Nueva York: Cambridge University Press.
- BUNKER S., y P. CICCANTELL, 1994, «Restructuring markets/reorganizing nature: The ecology and economy of Japan's global search for minerals», artículo presentado a la reunión de la International Sociology Association, Bielefeld, Alemania.
- y P. Ciccantell, 1995, «Restructuring space, time, and competitive advantage in the capitalist world-system: Japan and raw materials transport after World War II», en *New world order? Global transformations in the late 20th century*, eds. D. Smith y J. Borocz, pp. 109-130, Westport, CT: Greenwood Press.
- y D. O'Hearn, 1992, «Strategies of economic ascendants for access to raw materials: A comparison of the U.S. and Japan», en *Pacific Asia and the future of the world-system*, ed. R.A. Palat, pp. 83-102, Westport, CT: Greenwood Press.
- DEAN, J., 1950, «Pricing policies for new products», *Harvard Business Review*, 28, pp. 45-53.

- FEARNLEYS, varios años, *World bulk trade*, Oslo: Fearnleys.
- FROSCH, R.A., y N.E. GALLOPOULOS, 1989, «Strategies in manufacturing», *Scientific American*, 261 (setiembre):144-152.
- y N.E. GALLOPOULOS, 1990, «Toward and industrial ecology», artículo presentado a la Royal Society, Londres, Febrero 21.
- HARRIS, J.R., 1988, *The British iron industry 1700-1850*. Londres: Macmillan Education Company.
- HAWKEN, P., 1993, *The ecology of commerce: A declaration of sustainability*, Nueva York: Harper-Collins
- HUMPHREYS, D., 1982, «A mineral commodity life cycle? Relations between production, price, and economic resources», *Resources Policy*, 8 pp. 215-229.
- y S. BRIGGS, 1983, «Mineral consumption in the U.K. 1945-1980: A statistical analysis», *Resources Policy*, 9 pp. 4-22.
- HWANG, K.H., y J.E. TILTON, 1990, «Leapfrogging, consumer preferences, international trade and the intensity of metal use in les developed countries: The case of steel in Korea», *Resources Policy*, 16:210-224.
- ISARD, W., 1948, «Some locational factors in the iron and steel industry since the early nineteenth century», *The Journal of Political Economy* 65 pp. 203-217.
- KUZNETS, S., 1930, *Secular movements in production and prices*, Boston: Houghton Mifflin.
- LABYS, W.C., y L.M. WADDELL, 1989, «Commodity lifecycles in U.S. materials demand», *Resources Policy* 15 pp. 238-252.
- LARSON, E., M. ROSS, y R. WILLIAMS, 1986, «Beyond the era of materials», *Scientific American*, 254 pp. 34-41.
- MALENBAUM, W., 1977, *World demand for raw materials in 1985 and 2000*, Nueva York: McGraw-Hill.
- MARX, K., 1967, *Capital: A critique of political economy*, vol 3, Nueva York: International Publishers.
- 1982, *The economic and philosophical manuscripts of 1844*, ed. D.J. Struik, Nueva York: International Publishers.
- MC SWEENEY, C., y M. HIROSAKO, 1991, «Understanding crude steel consumption: The perils of ignoring the role of technological change», *Resources Policy*, 17 pp. 258-270.
- MEADOWS, D.H., D.L. MEADOWS, J. RANDERS, y W.W. BEHRENS III, 1972, *The limits to growth*, Nueva York: Universe Books.
- OMAN, C., 1984, *New forms of international investment in developing countries*, París: Organization for Economic Cooperation and Development.
- 1989, *New forms of investment in developing country industries: Mining, petrochemicals, automobiles, textiles, food*, París: Organization for Economic Cooperation and Development.
- SCHUMPETER, J.A., 1939, *Business Cycles*, Nueva York: McGraw-Hill.
- SOCOLOW, R., C. Andrews, E. Berkhout, y V. Thomas, eds. 1994, *Industrial ecology and global change*, Nueva York: Cambridge University Press.
- TIBBS, H.B.C., 1992, «Industrial ecology: An environmental agenda for industry», *Whole Earth Review*, 4 (winter) pp. 4-19.
- 1993, «The ethical management of global ecology», artículo presentado a la reunión de la American Sociological Association, Miami Beach, FL, Agosto.
- TILTON, J.E., 1989, «Metals demand in the Pacific Rim countries of Asia», *Natural Resources Forum*, 198-203.
- U.S. Bureau of Mines, 1985, *Mineral facts and problems*, Washington, DC:USBM.

