

Indicadores territoriales de sustentabilidad

lar un gran incremento en la eficiencia material y energética de la actividad económica.

William E. Rees*

¿POR QUÉ CAPACIDAD DE CARGA?

RESUMEN

Existe la creencia de que gracias a la tecnología y al comercio, la capacidad de carga humana es infinitamente expandible e independiente de la demografía y del tipo de desarrollo. Por el contrario, este artículo argumenta que la capacidad de carga ecológica es una de las bases fundamentales de la contabilidad demográfica. Una cuestión primordial para la economía ecológica es si quedará suficiente stock de capital natural para sustentar la carga de la economía humana prevista para el próximo siglo. Los modelos de la economía neoclásica ignoran las estructuras y funciones ecológicas y no pueden dar una adecuada respuesta a esta cuestión. Este artículo, por lo tanto, evalúa el stock de capital natural, los flujos físicos y las correspondientes áreas ecosistémicas necesarias para sostener la economía, usando el análisis de la «huella ecológica». La huella ecológica muestra que muchos de los llamados países avanzados están acumulando rápidamente un gran déficit con el resto del planeta. Dado que no todos los países pueden ser importadores netos de capacidad de carga, los estándares de consumo y nivel de vida de los ricos no pueden extenderse sosteniblemente a toda la población del mundo por igual usando la tecnología actual. Bajo esta perspectiva, la sustentabilidad podría muy bien depender del grado de equidad en las relaciones internacionales, de cambios importantes en la relación de intercambio, de la propia autosuficiencia regional y de políticas para estimu-

Según Garrett Hardin (1991) «carrying capacity is the fundamental basis for demographic accounting» (la capacidad de carga es la base fundamental de la contabilidad demográfica). Por otro lado, los economistas y planificadores convencionales generalmente ignoran o desechan el concepto cuando lo aplican a la especie humana. En su visión de la economía humana utilizar un recurso intensamente garantiza un incremento en la producción (Kirchner *et al.*, 1985). Como Daly (1986) observa, esta visión asume un mundo donde la capacidad de carga es infinitamente expandible, y por lo tanto irrelevante. Claramente hay una gran división en lo que concierne al valor del concepto de capacidad de carga en el debate sobre la sustentabilidad.

Este artículo coincide con Hardin. Empiezo con la premisa que, pese al incremento de la sofisticación tecnológica, la humanidad permanece en un estado de obligada dependencia de la productividad y de los servicios vitales de la ecosfera (Rees, 1990). Así, desde una perspectiva ecológica, un suelo adecuado y la producción de capital natural asociado a este, son fundamentales para las perspectivas de continuidad de la civilización en la Tierra. Hoy en día, la población humana y el consumo se están incrementando mientras que el total de la superficie productiva y el stock de capital natural están fijos o en declive. Estas tendencias opuestas requieren de una aplicación del análisis de la capacidad de carga. El razonamiento es el siguiente.

* The University of British Columbia, School of Community and Regional Planning, 6333 Memorial Road, Vancouver, BC, Canada V6T 1Z2. Originalmente publicado en *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 17, n.º 3, enero 1996.

Definiciones: Capacidad de Carga y Carga Humana

«La capacidad de carga ambiental es la carga máxima que se puede soportar indefinidamente». (Catton 1986).

Se suele definir la capacidad de carga como la máxima población de una especie concreta que puede ser soportada indefinidamente en un hábitar determinado sin disminuir permanentemente la productividad de este, definición utilizada, por ejemplo, al hablar de ganadería o cotos de caza. Sin embargo, a causa de nuestra aparente habilidad para aumentar nuestra capacidad de carga eliminando a otras especies, importando recursos localmente escasos, y mediante la tecnología, esta definición parece irrelevante para los humanos. De hecho, el comercio y la tecnología se citan a menudo como razones para rehusar totalmente el concepto de capacidad de carga humana¹.

Este es un error contraproducente, ya que una disminución de la capacidad de carga puede volverse pronto el único tema importante con el que se enfrentará a la humanidad. La razón de esto se aclara si definimos la capacidad de carga no como la máxima población, sino como la máxima carga que puede ser impuesta por la población al medio sin estropearlo. La carga humana es función no solo de la población, sino también del consumo per capita, y este último está aumentando mas rápidamente que la anterior debido, precisamente, a la expansión del comercio y la tecnología. Como Catton (1986) observa: «Al mundo se le exige acomodar no solo más gente, sino también gente más 'grande'... Por ejemplo, en 1790 la media diaria estimada de consumo de energía por persona en América era de 11,000 kcal. El año 1980 había aumentado hasta 210,000 kcal/día (Catton 1986). Como resultado de estas tendencias, la presión de la carga relativa a la capacidad de carga aumenta mucho más rápidamente que lo que implica un simple aumento de la población.

El argumento ecológico

A pesar de nuestros logros tecnológicos, económicos y culturales, conseguir la sustentabilidad requiere que entendamos los seres humanos como entidades ecológicas. En efecto, desde

una perspectiva funcional, las relaciones humanas con el resto de la ecosfera, son similares a las de millones de otras especies con las que compartimos el planeta. Dependemos tanto para necesidades básicas como para la producción de artefactos, de los recursos energéticos y materiales extraídos de la naturaleza y, al fin y al cabo, *toda esta energía y materia retorna degradada a la ecosfera*. La mayor diferencia material entre los humanos y las otras especies, no es tanto nuestro metabolismo biológico, como nuestro metabolismo «industrial». Ecológicamente hablando, todos nuestros juguetes y herramientas (el «capital» para los economistas) son los «equivalentes exosomáticos de los órganos» (Sterner, 1993) y, como los órganos corporales, requieren de un continuo flujo de energía y materiales hacia, y desde, el medio ambiente para su producción y funcionamiento. Entonces, en un mundo finito:

- La evaluación económica de la condición humana tendría que basarse, o al menos ser informada, por los análisis ecológicos y biofísicos.
- Los análisis ecológicos adecuados estudian los flujos disponibles de energía y materiales (*exergy*) sobre todo de productores primarios —vegetales verdes y otros fotosintetizadores— hasta niveles secuenciales de organismos consumidores en ecosistemas (específicamente los humanos y sus economías) y el flujo de energía y materiales degradados (residuos) que vuelve al ecosistema.

Este enfoque muestra que el ser humano, a través de la economía industrial, se ha vuelto el consumidor dominante en la mayoría de los ecosistemas terrestres de la Tierra. Actualmente nos «apropiamos» del 40% de la producción neta fotosintética (Vitousek *et al.*, 1986) y del 25-35% de la producción primaria litoral (Paul & Christensen, 1995), y estos pueden ser porcentajes insostenibles². Al mismo tiempo las sumideros globales de residuos parecen llenos y a punto de desbordarse.

Una cuestión fundamental para la economía ecológica, por lo tanto, es si la producción física de las demás poblacio-

¹ De acuerdo con la teoría ortodoxa, el comercio libre es invariablemente bueno, mejora el nivel de vida e incrementa en conjunto la productividad y la eficiencia —aumentando la capacidad de carga— a través de las ventajas comparativas.

² La industria pesquera ha disminuido en todo el mundo desde 1989.

Quadro 1:
SOBRE EL CAPITAL NATURAL

Por Capital Natural entendemos «el stock (de activos naturales) que produce un flujo de valiosos bienes y servicios para el futuro». Por ejemplo, un bosque o un stock de peces puede proveernos un flujo o cosecha que es potencialmente sostenible año tras año. El stock que produce este flujo es el «capital natural». El capital natural también tiene funciones como la asimilación de los residuos, control de la erosión e inundaciones, o la protección de la radiación ultravioleta (la capa de ozono es una forma del capital natural). Estos servicios de soporte de la vida son también contados como ingreso natural. Ya que el flujo de servicios de los ecosistemas a menudo requiere que estos funcionen como sistemas intactos, la estructura y diversidad del sistema puede ser un componente importante del capital natural.

Existen tres clases de capital natural: *Capital Natural Renovable*, como las especies vivas o los ecosistemas, con producción y mantenimiento propio usando la energía solar y la fotosíntesis. Estas formas de capital natural, pueden producir bienes materiales comerciables como la madera, pero también pueden producir servicios esenciales no contabilizados cuando se mantienen en su lugar (por ejemplo, la regulación climática). *Capital Natural Reponible*, como el agua subterránea o la capa de ozono. No es capital vivo pero sí a menudo dependiente del «motor solar» para renovarse. Finalmente, el *Capital Natural No-Renovable*, como los combustibles fósiles o los minerales. Son análogos a las existencias —cualquier uso implica liquidar parte del stock.

Este artículo parte de la posición que los stocks de capital natural de auto-producción propia, y el capital natural reponible son esenciales (y son generalmente no sustituibles) para el soporte de la vida. Estas formas son más importantes para la sustentabilidad que las formas no renovables de capital natural.

Fuentes: Rees (1995), Costanza & Daly (1992).

nes, ecosistemas, y procesos biofísicos (véase cuadro 1: stocks de capital natural críticos que se reproducen), así como la capacidad de asimilación de residuos de la ecosfera, son adecuados para sostener la carga de la economía humana prevista para el próximo siglo al mismo tiempo que se mantienen las funciones de soporte de la vida de la ecosfera. Esta cuestión fundamental es el corazón de los análisis de capacidad de carga ecológica, pero es prácticamente ignorada en los principales análisis económicos.

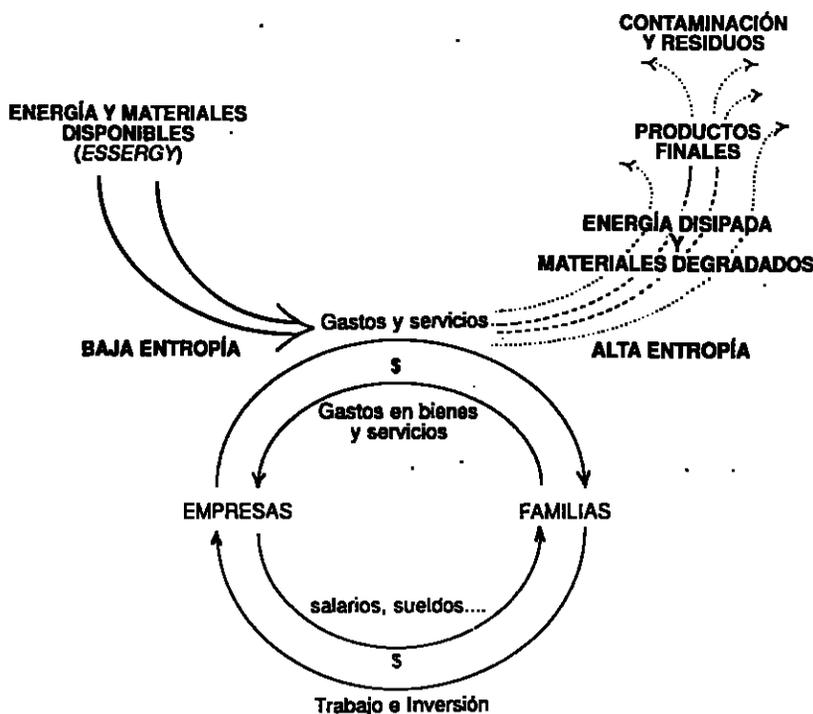
Argumentos de la segunda ley de la termodinámica

Una razón adicional para volver a analizar el concepto de capacidad de carga surge de la consideración de la segunda ley

de la termodinámica. En particular, de las nuevas formulaciones de esta segunda ley. Estas sugieren que todos los sistemas altamente ordenados se desarrollan y crecen (incrementan su orden interno) a expensas de un desorden creciente en los niveles más altos de la jerarquía de los sistemas (Schneider & Kay, 1992). Es decir, los sistemas dinámicos complejos permanecen en estado de no equilibrio a través de una continua disipación de energía disponible y de material extraídos de los ambientes que los hospedan. Estos sistemas requieren de un constante input de energía y materia para mantener su orden interno, frente a la desintegración entrópica espontánea. Así, los sistemas auto-organizativos en estado de no equilibrio, son llamados «estructuras disipativas».

Esta ampliación de la segunda ley, es imprescindible para entender la Capacidad de Carga Humana, considerando que:

Figura 1:
EL TRANSFLUJO LINEAL DE MATERIA Y ENERGÍA



El transflujo lineal de energía de baja entropía y de materia (parte superior del diagrama) sostiene la economía e impulsa los flujos circulares de valor de cambio (parte inferior del diagrama) pero es ignorado en los análisis convencionales.

Fuente Rees (1995)

- la economía humana es una de estas estructuras disipativas altamente ordenada, dinámica y lejos del equilibrio. Y al mismo tiempo...
- la economía es un subsistema abierto y creciente de una ecosfera materialmente cerrada y no creciente (Daly, 1992) y, es, por lo tanto, dependiente de la materia y energía disponibles de la ecosfera, para su crecimiento y desarrollo³.

Esta relación entre la economía y la naturaleza, implica que más allá de cierto punto, el crecimiento continuo de la economía puede ser conseguido solo a expensas del aumento del desorden (entropía) de la ecosfera. En este punto el consumo económico excede al ingreso natural y se manifestaría en el continuo agotamiento del capital natural —reducción de biodiversidad, aire/agua/suelos contaminados, deforestación, cambio climático, etc. En otras palabras la evidencia empírica su-

giere que la carga humana global ya excede, y está progresivamente erosionando, la misma capacidad de carga de la cual depende la continuidad de la existencia humana. Al final, esto representa la amenaza que la reestructuración de los ecosistemas sea imprevisible (por ejemplo, cambio climático incontrolado) conduciendo a la falta de recursos, aumento de conflictos locales y a una inestabilidad geopolítica.

Así, el comportamiento de sistemas complejos y el papel de la economía dentro de la jerarquía termodinámica global, debería parecerse fundamental para la sustentabilidad, pero ambos conceptos son ignorados en las instituciones del mundo actual que solo piensan en el «desarrollo».

³ Este input en la economía desde la naturaleza, es el «ingreso natural» al que se refiere el cuadro 1.

¿Por qué la economía no puede hacer frente a este tema?

Una de las razones de esta gran diferencia de percepción, es que muchas de estas preguntas suscitadas por consideraciones ecológicas y termodinámicas, son invisibles para el análisis económico que se basa en un flujo circular de valores comerciales (flujos monetarios) a través de la economía, no en flujos físicos ni en sus transformaciones.

Los modelos económicos principales de crecimiento y sustentabilidad, por lo tanto, carecen de ninguna representación de los materiales, fuentes energéticas, estructuras físicas o de procesos dependientes del tiempo que son básicos para una aproximación ecológica (Christensen, 1991). Así, mientras la segunda ley es posiblemente lo que gobierna la actividad económica, los modelos económicos habituales no reconocen el flujo unidireccional y termodinámicamente irreversible de materia y energía disponibles del que depende la economía (Figura 1). De modo parecido, los estudios convencionales de

la conservación y la sustentabilidad, están enfocados principalmente en los valores monetarios de los recursos naturales comerciables (por ejemplo, la madera) y son insensibles a las funciones ecológicas no comerciables del capital natural, intangibles pero finalmente con más valor. El Cuadro 2 sintetiza este problema.

Así, despreocupación por parte de los economistas por la capacidad de carga, parecería derivarse, en gran parte, de las debilidades conceptuales de sus modelos analíticos. Las condiciones necesarias para una sustentabilidad ecológica pueden ser mejor definidas con un análisis de stocks y flujos físicos interpretados mediante la teoría apropiada de sistemas ecológicos complejos.

La tecnología y comercio no contribuyen realmente a la Capacidad de Carga

Como hemos destacado previamente, los analistas convencio-

**Cuadro 2:
UN VACÍO EN LOS ANÁLISIS ECONÓMICOS CONVENCIONALES**

- Los economistas convencionales estudian el stock de capital natural con análisis monetarios. Empero, el dinero y los precios son abstracciones alejadas de la riqueza material a la que, se supone, quieren representar. Por ejemplo:
 - Donde hay mercado para bienes y servicios ecológicamente importantes, los precios no reflejan la magnitud de correspondiente stock de capital natural. Tampoco reflejan si hay niveles críticos mínimos por debajo de los cuales un stock no puede recuperarse la larga por sí mismo (la medida real de escasez biofísica), ni tampoco los papeles funcionales de estos stocks en los ecosistemas, o su último valor como soporte de la vida. Además...
 - Muchos bienes ecológicos y la mayoría de funciones de soporte de la vida, no tienen precio, y no están sujetos a las leyes de mercado ni se relacionan con cambios de conducta de cualquier tipo (la capa de ozono es uno de estos casos).
 - Desafortunadamente, los actuales intentos para «internalizar las externalidades», «conseguir precios acertados» y, por otra parte, comercializar el medio ambiente, padecen de una gran falta de datos, y de una gran falta de conocimiento de los valores naturales (no reconocemos el valor que tiene hasta que han desaparecido) y «otros problemas teóricos que a menudo convierten en fútiles estos intentos de cuantificar muchos de los bienes y servicios ecológicos críticos y muchos más difícil aún, reducirlos a un precio» (Van & Bromley, 1993). En breve...
- Los análisis crematísticos habituales ignoran las estructuras y funciones ecológicas y son, por lo tanto, incapaces de indicar ni la escasez ecológicamente significativa, ni la incipiente desestabilización de los ecosistemas.

nales a menudo argumentan que el comercio y la tecnología expanden la capacidad de carga ecológica. Esto es erróneo. Aún en la mejor de las circunstancias, la innovación tecnológica no incrementa la capacidad de carga *per se*, solo la eficacia del uso de los recursos. En teoría, cuando se pasa a tecnologías más eficientes en el uso de energía y materia, un medio determinado podría soportar una población determinada con un mayor nivel de vida, o una mayor población con el mismo nivel de vida, como si se hubiera incrementado la capacidad de carga. De todos modos, en los dos casos, lo mejor que podríamos esperar en la economía global, sería mantener constante la carga humana total en el nivel de la capacidad de carga —esta seguiría siendo limitante.

A la práctica ni siquiera hemos hecho bien esto —los continuos aumentos de la eficiencia en la postguerra han ido acompañados de un continuo incremento del consumo agregado *per capita*. Parece que los incrementos de eficiencia pueden realmente ir contra la conservación, a través de los efectos en los precios y en el ingreso. Como Saunders (1992) destaca, esta hipótesis ha sido el centro de considerables controversias. El la comprobó utilizando la teoría neoclásica de crecimiento y el resultado al que llegó fue que los aumentos en la eficiencia energética podrían muy bien incrementar el consumo agregado de energía, al hacer la energía más barata y al estimular el crecimiento económico, lo que aumentaría más el consumo de energía. ¿Como se podría dar esto? Si una empresa ahorra dinero cambiando a procesos de fabricación energética y materialmente más eficientes, será posible incrementar sueldos o dividendos, o disminuir los precios, y esto llevará a un incremento neto del consumo de los trabajadores, accionistas, o consumidores respectivamente. Estas respuestas de comportamiento a los cambios de los precios y ingresos son conocidos como el «efecto rebote» por los economistas (Jaccard, 1991). De la misma forma, el ahorro inducido por la tecnología es casi dirigido a formas alternativas de consumo, anulando en parte o en todo el beneficio potencial al medio ambiente (Hannon, 1975). Semejantes mecanismos contribuyen a incrementar el consumo material agregado y a acelerar el agotamiento de los stocks, por lo que indirectamente reducen la capacidad de carga⁴.

La tecnología puede reducir directamente la capacidad de

carga creando la ilusión de que la está aumentando! A menudo usamos la tecnología para incrementar el flujo de energía y materiales a corto plazo a través de los ecosistemas explotados. Esto parece mejorar la productividad de sistemas mientras realmente lo que hace es erosionar la base de recursos. Por ejemplo, la efectividad de un mecanismo electrónico para encontrar bancos de peces y de la alta tecnología para pescarlos han acabado con la capacidad reproductora de muchos stocks de peces; la agricultura basada en energía subvencionada, puede ser más productiva a corto plazo, que las prácticas tradicionales con poco input energético, pero también incrementa la tasa de agotamiento de agua y suelo. El efecto neto es que se crean dependencias insostenibles con el flujo de materiales (las tecnologías implicadas a menudo se basan en recursos no renovables) mientras se reduce la capacidad de carga a largo plazo.

El aumento de capacidad de carga gracias al comercio de mercancías es también ilusoria. Este puede liberar a una población local de las limitaciones de su propio territorio; pero solamente desplaza la carga a otro sitio. En efecto las poblaciones locales importan «excedentes» de la capacidad de carga de otras. El incremento resultante en población o recursos usados en las regiones importadoras, aumenta la carga humana agregada sobre la ecosfera, pero no es una *ganancia neta* en la capacidad de carga global puesto que el comercio reduce la capacidad de carga en las regiones exportadoras. Efectivamente, al igual que la tecnología, el comercio puede incluso llevar a una disminución de la capacidad de carga global, pues al acceder a importaciones baratas (por ejemplo, comida), no hace falta ya conservar el propio capital natural local (por ejemplo, la tierra de cultivo) y además se acelera el agotamiento del capital natural en regiones exportadoras distantes.

⁴ El «Efecto Rebote» (que Jevons ya señaló en su libro de 1865 sobre el consumo de carbón en Inglaterra) puede eliminarse si se imponen tasas adecuadas sobre el agotamiento de los stocks o cuotas comerciables sobre los recursos. (Estos incentivos deben ser usados ante todo para estimular la conservación de los recursos.) Los impuestos ecológicos podrían aumentar el precio de cada unidad de recurso, capturando los ahorros conseguidos con la mayor eficiencia e imposibilitando su circulación en los circuitos económicos. De todos modos, debido a la menor intensidad material y energética, los precios al consumidor de los bienes y servicios podrían incrementarse menos rápidamente que los precios de los recursos (Rees, 1994).

Estos comentarios no deben ser tomados como argumentos en contra la tecnología o el comercio *per se*. La cuestión es señalar que las posiciones favorables clásicas sobre ambos, deberían ser examinadas cuidadosamente bajo la luz de las consideraciones de capacidad de carga; y que ciertas condiciones deberían satisfacerse antes de que el comercio o las nuevas tecnologías puedan contribuir a la sustentabilidad ecológica.

LA CAPACIDAD DE CARGA ROBADA Y LA HUELLA ECOLÓGICA

Podemos redefinir la capacidad de carga humana como las tasas máximas de utilización de recursos y generación de residuos (la carga máxima) que pueden sostenerse indefinidamente sin deteriorar progresivamente la productividad e integridad funcional de los ecosistemas dondequiera que estén. El tamaño de la población correspondiente sería función de la tecnología y de la media del nivel de vida *per capita* (Rees, 1988). Esta definición nos recuerda que independientemente del nivel tecnológico, la humanidad depende de una variedad de bienes y servicios de la naturaleza, y que para la sustentabilidad, estos deben estar disponibles en cantidades cada vez mayores, provenientes de algún lugar del planeta, mientras la población y el consumo de recursos *per capita* siga aumentando (véase también Overby, 1985).

Ahora bien, como hemos destacado anteriormente, una cuestión fundamental para la economía ecológica es si las existencias de capital natural serán adecuadas para satisfacer las demandas del próximo siglo. Dar la vuelta al numerador y denominador en la habitual expresión de la capacidad de carga (habitantes/unidad de superficie) da una nueva manera de analizar este tema crítico. En vez de preguntarnos cuánta población puede mantener sosteniblemente una región determinada, la cuestión sobre la capacidad de carga es ahora: ¿Qué superficie de suelo productivo es necesaria para mantener una población determinada indefinidamente, sea donde sea que se encuentre este suelo? (Rees, 1992; Rees & Wäckernagel, 1994; Wäckernagel & Rees, 1995). Muchas formas de ingreso natural (flujos materiales y servicios ambientales) son producidas por los ecosistemas terrestres o acuáticos. Entonces debería ser

posible estimar el área de suelo/agua requerida para producir sosteniblemente la cantidad de cualquier recurso o servicio ecológico utilizado por una población definida, a un nivel tecnológico determinado. La suma de estos cálculos para todas las categorías de consumo, nos daría una estimación del capital natural requerido por una población, medido por un territorio o área.

Un fácil ejercicio mental sirve para entender la realidad ecológica que existe detrás de este análisis. Imaginen qué podría pasar en una región urbana, definida por unas fronteras políticas o por el área de suelo edificado, si estuviera encerrada en un hemisferio de plástico o cristal completamente cerrado a flujos materiales. Claramente la ciudad dejaría de funcionar y sus habitantes morirían al cabo de unos cuantos días. La población y la economía contenidas en la cápsula se habrían quedado sin el suministro de recursos vitales y sin los esenciales sumideros de residuos, muriendo de hambre y de sofoco al mismo tiempo. En otras palabras, los ecosistemas en nuestro territorio humano imaginario no tienen suficiente capacidad para soportar la carga ecológica impuesta por la población humana.

Este modelo mental muestra que, como resultado de la alta densidad demográfica, del enorme incremento del consumo de energía y materia per capita facilitado por (y requerido por) la tecnología, y de una dependencia universalmente creciente del comercio, *la localización ecológica de los asentamientos humanos ya no coincide con su localización geográfica*. Las ciudades y regiones industriales del siglo XX dependen para sobrevivir y crecer de un vasto y creciente hinterland global de territorios ecológicamente productivos. Parece que en términos estrictamente ecológicos, las poblaciones modernas ya no son como el ganado pastando en los prados sino que se han vuelto el equivalente a ganado estabulado.

Las ciudades se apropian necesariamente de la producción ecológica y de las funciones de soporte de la vida de regiones distantes de todo el mundo a través del comercio y los ciclos biogeoquímicos de materia y energía. Los flujos anuales de ingreso natural requeridos por una determinada población se llaman su «capacidad de carga robada o apropiada». Para todo flujo material ha de haber el correspondiente territorio y ecosistema como fuente o sumidero. Entonces, el área total de suelo/agua requerida para sostener estos flujos continuamente

Cuadro 3:

UNA FAMILIA DE INDICADORES TERRITORIALES DE SUSTENTABILIDAD

- **Capacidad de Carga Apropiada o Robada (*Appropriated Carrying Capacity*):** La parte de los flujos de recursos biofísicos y de la capacidad de asimilación de residuos por unidad de tiempo, del total global, apropiados por una población o economía determinadas.
- **Huella Ecológica (*Ecological Footprint*):** El área de territorio productivo o ecosistema acuático necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre este área.
- **Planetoide Personal (*Personal Planetoid*):** La Huella Ecológica *per capita* (Efp/N).
- **La Justa Porción de Tierra (*Fair Earthshare*):** El territorio ecológicamente productivo «disponible» *per capita* en la Tierra. Actualmente alrededor de 1,5 ha (1995). La Justa Porción de Océano (ecológicamente productivo —plataforma litoral y estuario— divididos por el total de población) es de poco más de 0,5 ha.
- **Déficit Ecológico (*Ecological Deficit*):** El nivel de consumo de recursos y descarga de residuos de una economía o población definidas que excede a la producción natural sostenible de la región o localidad y a su capacidad asimilativa (también, en términos espaciales, es la diferencia entre la Huella Ecológica de esta población o economía y el área geográfica que ocupa).
- **Brecha en la Sustentabilidad (*Sustainability Gap*):** Una medida de la disminución del consumo (o del incremento de la eficiencia material y económica) requerida para eliminar el déficit ecológico. (Puede ser aplicado a escala regional o global).

es la verdadera «huella ecológica» de la población en cuestión (véase cuadro 3 para las definiciones de estos indicadores). Calcular su huella ecológica establece una medida aproximada de las necesidades de capital natural de cualquier población, en comparación al suministro disponible.

La Huella de la Economía Humana

El primer paso para el cálculo de la Huella Ecológica de una población es estimar el área apropiada o robada *per capita* ('aa') para la producción de cada uno de los principales artículos de consumo 'i'. Lo hacemos dividiendo la media anual de consumo de cada artículo ['c', en Kg/capita] por su productividad o rendimiento medio anual por hectárea ['p', en Kg/ha]:

$$aa_i = c_i / p_i$$

En la práctica, solo es posible estimar la media anual de consumo de cada artículo (*per capita*) dividiendo el consumo agregado por el tamaño de la población de referencia. Por supuesto, muchos de los artículos de consumo (por ejemplo la ropa o los muebles) incorporan varios inputs y hemos creído más oportuno calcular las áreas apropiadas ('a') para cada input separadamente. Los cálculos de la Huella Ecológica son, por lo tanto, más complicados e interesantes de lo que parece. Hasta ahora hemos estimado el área necesaria para producir 23 categorías de bienes y servicios de consumo (Wackernagel & Rees, 1995).

Luego computamos la huella ecológica total *per capita* ('ef') sumando todas las áreas ecosistémicas apropiadas por cada artículo del cesto de la compra anual de bienes y servicios de consumo:

$$ef = \sum_{i=1}^{in} a_i$$

Entonces, la *huella ecológica* (EFp) de una población estudiada es la *huella ecológica* total *per capita* multiplicada por el tamaño de la población (N):

$$EFp = N \cdot (ef)$$

Nosotros contamos en términos territoriales el consumo directo de energía fósil y el contenido energético de los artículos de consumo, estimando el área necesaria de bosque (sumidero de carbono) que necesitaríamos para absorber las emisiones de dióxido de carbono asociadas a la quema de los combustibles ([emisiones de dióxido de carbono/capita] / [nivel de asimilación/hectárea]); bajo el supuesto que la estabilidad atmosférica es básica para la sustentabilidad. (Una alternativa sería estimar la extensión necesaria para producir el equivalente energético del consumo de energía fósil en biomasa, o sea etanol. Esta alternativa produce una mayor *huella ecológica* que la que se obtiene con el método de la asimilación del dióxido de carbono).

Hay que evitar duplicar las cuentas en el caso de usos múltiples del suelo y, donde hay problemas de datos o gran incertidumbre, nosotros pecamos de prudencia. También, aunque la *huella ecológica* debe incluir las áreas de suelo/agua necesarias para la asimilación de residuos, nuestros cálculos hasta ahora no tienen en cuenta otros residuos que no sean las emisiones de dióxido de carbono. Una contabilidad de esos otros residuos ampliaría mucho el área ecosistémica apropiada por la actividad económica. Estos factores indican que nuestros cálculos de la *huella ecológica* hasta el momento son más bien subestimados que sobrestimados.

Datos de mi propia ciudad, Vancouver, en Canadá, sirven para ilustrar la aplicación de este concepto. Vancouver tie-

ne una población (1991) cercana a 472.000 habitantes y una superficie de 114 Km² (11,40² ha). Cada canadiense requiere de más de una hectárea de cultivo y tierra de pasto, según las prácticas corrientes de gestión del suelo, para producir su dieta alta en proteínas; y alrededor de 0,6 ha. para madera y papel para otros artículos de consumo. Además, cada ciudadano de Vancouver ocupa alrededor de 0,2 ha de suelo ecológicamente degradado y urbanizado. Los canadienses están entre los primeros consumidores del mundo de energía fósil, con una emisión anual de carbono de 4,2 tn (15,4 tn de CO₂) *per capita* (los datos tienen en cuenta el contenido en carbono del comercio exterior). Por lo tanto, con un valor de absorción de carbono de 1,8 tn./ha/año, son requeridas 2,3 ha. adicionales de bosque de mediana edad de latitud norte, como continuo sumidero de carbono para asimilar las emisiones de cada canadiense, dada la necesidad de estabilizar los niveles atmosféricos de CO₂.

Considerando solo estos datos, el «planetoide personal» terrestre de un típico ciudadano de Vancouver, se aproxima a 4,2 ha o casi 3 veces su «Justa Porción de la Tierra»⁵. Así, las 472.000 personas que viven en Vancouver requieren unos 2 millones de hectáreas de tierra para el uso exclusivo de su consumo habitual (suponiendo que esta tierra es gestionada sosteniblemente). Pero el área de la ciudad es solo de 11,400 ha. Esto significa que la población de la ciudad se apropia de una superficie 175 veces mayor que su área geopolítica para mantener su actual estilo de vida⁶. Si este resultado nos parece extraordinario, otras investigaciones han obtenido resultados similares. Folke *et al.* (1994) publicaron que el consumo agregado de madera, papel, fibra, y comida (incluida la producida por el mar) de los habitantes de 29 ciudades de la cuenca del Mar Báltico, se traduce en una área ecosistémica 200 veces mayor que el área de sus propias ciudades. (Ese último estudio no incluye la tierra necesaria para producir energía o absorber CO₂).

Muchos países desarrollados tienen una abrumadora dependencia de la ecoproductividad externa. Estimamos que la población de Holanda, que parece ocupar 33.920 km², requiere un área 14-15 veces mayor que su país para soportar el consumo de alimentos, productos forestales y energía (Figura 2) (Rees & Wackernagel, 1994). Solamente la huella corres-

⁵ 0,74 ha. adicionales de plataforma continental son apropiadas o robadas para producir el consumo canadiense de 24 Kg de pescado anual.

⁶ El distrito regional de Vancouver (el área metropolitana), con 1,6 millones de habitantes y una extensión de 2.930 Km², tiene una Huella Ecológica de 6.720.000 ha, 23 veces su área geográfica.

Tabla 1:
LOS DÉFICITS ECOLÓGICOS DE LOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS¹

País	Suelo ecológicamente productivo (ha)	Población 1995	Suelo ecológicamente productivo per cápita (ha)	Déficit Ecológico nacional per cápita	
	a	b	c=a/b	(en hectáreas) d=Huella-c	(en %) e=d/c
<i>Países con una huella de 2-3 ha</i>			<i>Suponiendo una huella de 2 ha</i>		
Japón	30.340.000	125.000.000	0,24	1,76	730%
Corea	8.669.000	45.000.000	0,19	1,81	950%
<i>Países con una huella de 3-4 ha</i>			<i>Suponiendo una huella de 3 ha</i>		
Austria	6.740.000	7.900.000	0,85	2,15	250%
Bélgica	1.987.000	10.000.000	0,20	2,80	1400%
Dinamarca	3.270.000	5.200.000	0,62	2,38	380%
Francia	45.385.000	57.800.000	0,78	2,22	280%
Alemania	27.734.000	81.300.000	0,34	2,66	780%
Holanda	2.300.000	15.500.000	0,15	2,85	1900%
Suiza	3.073.000	7.000.000	0,44	2,56	580%
<i>Países con una huella de 4-5 ha</i>			<i>Suponiendo una huella de 4,3 (Can) y 5,1 (EUA) ha</i>		
Canadá	433.000.000	28.500.000	15,19	(10,89)	(250%)
EUA	725.643.000	258.000.000	2,81	2,28	80%

Fuente: Revisión de Wäckerl & Rees (1995)

¹Huellas estimadas en estudios de Ingo Neuman de la Universidad de Trier, Alemania; Dieter Zücher de la Consultora Infras, Suiza; y nuestros propios análisis usando datos de World Resources Institute (1992).

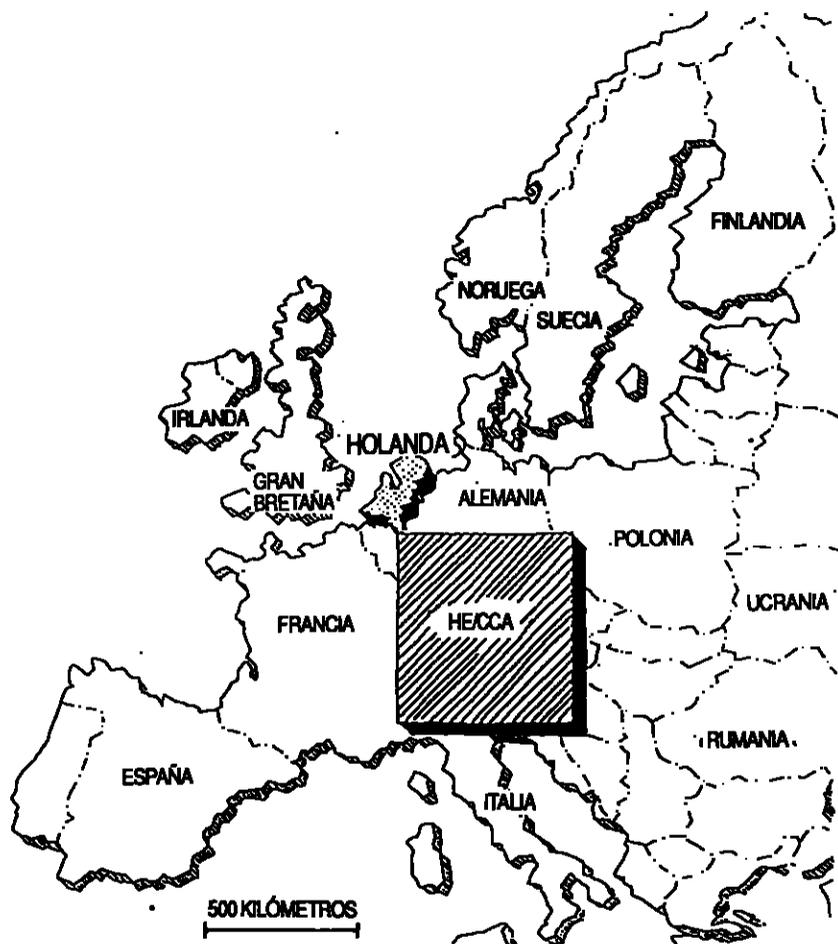
pendiente a los alimentos, supera los 100.000 Km², con el promedio de productividad mundial. De hecho, los propios informes del gobierno holandés sugieren que Holanda se apropia de 100.000 a 140.000 Km² de suelo agrícola, la mayoría de este del Tercer Mundo, para la producción de alimentos (incluidos después en los productos comestibles de alto valor añadido producidos en Holanda para la exportación) (RIVM, 1991, citado en Meadows *et al.*, 1992)⁷. Este territorio importado es 5 o 6 veces el área holandesa de suelos cultivables.

Es importante recordar que Holanda, como Japón, es a menudo utilizado como ejemplo de éxito económico. A pesar

de sus pocos recursos naturales y grandes poblaciones, tanto Holanda como Japón disfrutaron de un alto nivel de vida, y tienen balances comerciales y por cuenta corriente positivos, medidos en términos monetarios. Sin embargo, nuestros análisis de flujos físicos muestran que estas y otras muchas «economías avanzadas» están acumulando un déficit ecológico masivo y sin contabilizar, con el resto del planeta (Tabla 1). Las últimas

⁷ La mayoría de la «comida» importada es consumida por ganado doméstico, cosa que explica suficientemente la «Segunda Ley» pues el estiércol animal representa uno de los residuos más problemáticos producidos por los holandeses.

Figura 2:
LA HUELLA ECOLÓGICA DE HOLANDA



Con una superficie de 33.920 Km² y una densidad de población de 440 hab/km², Holanda depende de la productividad ecológica (capacidad de carga) de un área casi 15 veces superior a la extensión del país.

Fuente: Rees & Wackernagel (1994)

dos columnas de la Tabla 1 representan estimaciones a la baja de este déficit ecológico *per capita*, de una selección de países desarrollados. Incluso si su territorio fuese el doble de productivo que la media mundial, muchos países europeos aún tendrían un déficit mayor que tres veces el ingreso natural doméstico.

Estos datos muestran que todos los países de la lista, excepto Canadá, están superpoblados en términos ecológicos

—no podrían ser sostenibles por ellos mismos con el nivel de vida actual si tuvieran que vivir con el capital natural doméstico que les queda. No son, realmente, un buen modelo de desarrollo a seguir por el resto del mundo.

Canadá (con una gran superficie rica en recursos, población pequeña) es uno de los pocos países desarrollados que consume menos que su ingreso natural doméstico. Sin embargo, los stocks de capital natural de Canadá están siendo agota-

dos por las exportaciones de energía, madera, pescado, productos agrícolas, etc. En resumen, el aparente «excedente» ecológico de Canadá está siendo en parte incorporado por el comercio en la *Huella Ecológica* —y los déficits ecológicos— de otros países, particularmente de Estados Unidos y de Japón.

¿DESARROLLO SOSTENIBLE CON PLANETAS FANTASMAS?

Los déficits ecológicos son una medida de la carga entrópica y del resultante desorden impuesto en la ecosfera por los llamados países avanzados, como un coste no contabilizado de mantener y expandir sus economías consumistas. Este desequilibrio entrópico masivo nos conduce a lo que podemos llamar el primer axioma del análisis de la *huella ecológica*: en un planeta finito, no todas las regiones o países pueden ser importadores netos de capacidad de carga. Esto tiene serias implicaciones para la supuesta globalización del comercio.

El objetivo de desarrollo internacional es el de levantar el mundo en vías de desarrollo hasta los niveles de vida actuales del primer mundo. Para llegar a este objetivo, la Comisión Brundtland apuesta por un crecimiento económico rápido tanto en los países industriales como en los que están en vías de desarrollo y sugiere que hay que esperar un incremento de 5 a 10 veces en la producción industrial del mundo antes que llegue el momento en que se establezca la población mundial en el próximo siglo (WCED, 1987).

Vamos a examinar esta previsión usando el análisis de la *huella ecológica*. Si toda la población actual mundial, de 5.800 millones de personas, viviera como los norteamericanos medios (digamos 4,5 ha por persona) una primera aproximación razonable del total de suelo productivo que se requeriría, sería de 26.000 millones de hectáreas (suponiendo la actual tecnología). Pero solo hay 13.000 millones de hectáreas de tierra en nuestro planeta, de las cuales solo 8.800 millones de ha. son ecológicamente productivas para la agricultura, pasto o bosque (1,5 ha./persona). Así, necesitaríamos dos planetas adicionales a la Tierra donde acomodar el incremento de la carga ecológica de los actuales habitantes de la Tierra. Si la población de la Tierra se estabilizase entre 10 y 11.000 millones de personas en algún momento del próximo siglo, se necesitarían cinco

Tierras adicionales —y esto solo para mantener, sin acelerarlo, el nivel actual de declive ecológico (Rees & Wackernagel, 1994).

Aunque esto podría parecerse un resultado sorprendente, la evidencia empírica sugiere que cinco «planetas fantasmas» son, en realidad, una considerable subestimación (recuerden que nuestra *huella ecológica* está subestimada). El cambio ecológico a escala global o regional, en forma de cambio atmosférico, disminución de la capa de ozono, pérdida de suelo y aguas subterráneas, deforestación, pérdida de pesca y biodiversidad, etc., está acelerándose. Esta es una evidencia directa de que el consumo agregado excede al ingreso natural en ciertas categorías críticas, y que la capacidad de carga de nuestra única Tierra está continuamente desgastándose⁸. La *huella ecológica* de la actual población/economía ya excede el total de área productiva (o espacio ecológico) disponible en la Tierra.

Esta situación es, por supuesto, atribuible a aquella cuarta parte privilegiada de la población mundial actual que utiliza el 75% de los recursos globales. El «incremento de 5 a 10 veces en el output industrial» de la Comisión Brundtland fue considerado necesario para hacer frente a la desigualdad mientras se acomodaba una población mayor. No obstante, dado que el mundo ya está lleno en términos ecológicos, el crecimiento sostenible a esta escala utilizando la tecnología actual requerirá de 5 a 10 planetas adicionales.

Las trampas de la sustentabilidad

La humanidad parece ser la víctima de una trampa provocada por ella misma. Más crecimiento material, al menos en los países pobres, parece esencial para una sustentabilidad socioeconómica, aunque cualquier incremento global en el flujo material es ecológicamente insostenible. ¿Qué dice el análisis de la *huella ecológica* acerca de esta situación sin salida y cómo podríamos salir de ella? Uno puede sacar varias conclusiones que tratan uno o ambos lados del dilema:

- Los ricos ya consumen una media de tres veces su porción justa de output sostenible global. El crecimiento material

⁸ Debemos recordar la «ley del mínimo» de Liebig en este contexto. La productividad y, en última instancia, la supervivencia de cualquier sistema complejo que depende de numerosos y esenciales inputs y sumideros, está limitada por la variable cuyo suministro es más crítico.

adicional en los países ricos se apropia de la capacidad de carga adicional, reduciendo aún más el espacio ecológico disponible para los países pobres, cosa que es ecológicamente peligrosa y moralmente cuestionable. Si logramos sitio para crecer, este crecimiento debería darse en el Tercer Mundo.

• La confianza en la posibilidad que el comercio y la tecnología no regulados puedan empujar los límites ecológicos de crecimiento material, no tiene justificación. Al contrario, es posible que el comercio a gran escala y las tecnologías dominantes, estén conduciendo a la humanidad a sobrepasar peligrosamente la capacidad de carga global a largo plazo.

• El comercio ha contribuido mucho al incremento del producto total bruto mundial en los últimos años. Sin embargo: a) el comercio es uno de los mecanismos por los cuales los ricos se apropian de la capacidad de carga e incrementan su propia *huella ecológica*, y b) en la medida que el comercio incrementa la carga humana total sobre la ecosfera y acelera el agotamiento del capital natural, reduce la seguridad ecológica de todos y nos lleva rápidamente a los límites globales. Las relaciones de los precios del comercio deben ser, por lo tanto, reexaminadas para garantizar que este sea equitativo, socialmente constructivo, y limitado a los excedentes ecológicos verdaderos. Lo mínimo es que los precios reflejen las externalidades ecológicas, y los beneficios del crecimiento económico a causa del comercio deben ir a parar a quien más los necesite (ver Rees, 1994 b).

• En un planeta finito el comercio ecológico es «un juego de suma cero» —no puede haber ninguna importación neta de capacidad de carga en la Tierra como un todo. El análisis de la *huella ecológica* es una herramienta para el desarrollo de cálculos ecológicos (es decir, físicos) regionales. Esto serviría a países o bio-regiones para computar sus cargas ecológicas reales sobre la ecosfera y para controlar sus balances comerciales ecológicos/termodinámicos. Estos cálculos también servirían a la comunidad mundial para garantizar que los flujos agregados

globales no exceden el ingreso natural sostenible (capacidad de carga global).

• La urbanización, la globalización, y el comercio, reducen la retroalimentación negativa en poblaciones locales de sus prácticas insostenibles de gestión de recursos y suelo. (Por ejemplo, el comercio nos permite infravalorar el capital natural local y no nos deja ver de cerca las consecuencias negativas de nuestro consumo que solo se dejan sentir en regiones exportadoras lejanas). Esto nos da un argumento adicional para cambiar el énfasis puesto en un desarrollo económico global integrado y en la dependencia inter-regional, hacia equilibrio ecológico intra-regional y una autonomía relativa. (Si todas las regiones estuvieran en un estado estacionario ecológico, el efecto agregado sería la estabilidad global). Esta afirmación es equivalente a la de Daly y Goodland (1993) de que deberíamos esforzarnos en reducir más que incrementar los lazos comerciales entre las naciones.

• El análisis de la *huella ecológica* apoya al argumento de que, para ser sostenible, el crecimiento económico debe disminuir en intensidad energética y material respecto el actual (véase, por ejemplo, Pearce, 1994). Esto, por lo tanto, apoya el argumento para una reforma fiscal en la forma de impuestos ecológicos para ayudar a la conservación de los recursos (von Weizsäcker, 1994). Por ejemplo, las tasas por el agotamiento de recursos y las cuotas comercializables de inputs de capital natural: a) estimularían la búsqueda de tecnologías más eficientes material y energéticamente; b) impedirían que las ganancias obtenidas por la mayor eficiencia se dirijan al consumo adicional y; c) generarían un fondo que podría ser usado para rehabilitar importantes formas de capital natural (Rees, 1994a).

• El análisis de la *huella ecológica*, nos da una medida del déficit ecológico de los países y de la brecha en la sustentabilidad global (ver Cuadro 3). Esta última, en particular, es una medida de hasta qué punto la economía humana debería desmaterializarse para ajustarse a la capacidad de carga global.

Los análisis confirman la necesidad de una reducción «por un factor 10» en la intensidad material y energética por unidad de servicio económico, como ya sugirieron las investigaciones del Wuppertal Institute en Alemania (Schmidt-Bleek, 1993a;b); este es un objetivo razonable aunque muy ambicioso⁹.

⁹ «Razonable» porque una reducción de esta magnitud parece necesaria, y «ambicioso» porque un aumento de esta magnitud en la eficiencia material parece imposible, como mínimo en las próximas décadas. La sustentabilidad puede requerir que el individualismo competitivo y el estilo de vida consumista cada paso a un mutualismo cooperativo y una economía no solo de eficiencia sino de suficiencia.

CONCLUSIÓN

El análisis de la capacidad de carga apropiada (o robado) de la huella ecológica suministran indicadores territoriales de sustentabilidad. Desafortunadamente, estos mismos indicadores revelan que estamos lejos de lograr esta huida meta de la sustentabilidad. Pero eso no justifica al desespero. Más bien, el análisis de la huella ecológica nos empuja a ser cautos, sugiere una variedad de normas concretas de sustentabilidad, y apoya un programa de reformas que puede dirigimos en la dirección que todos parece que queremos seguir. En breve, en la medida que los supuestos y prescripciones de nuestro enfoque descansan en una mejor descripción de la realidad material que los modelos económicos convencionales, entonces nuestra aportación constituye una buena noticia. La mala noticia es que la mayor parte del mundo parece continuar, como nunca hasta ahora, en la trayectoria expansionista.

BIBLIOGRAFÍA

- CATTON, W. (18 august, 1986). Carrying capacity and the limits to freedom. Social Ecology Session 1, XI World Congress of Sociology. New Delhi, India.
- CHRISTENSEN, P. (1991). Driving forces, increasing returns, and ecological sustainability, en R. Costanza, (Ed.). *Ecological economics: The science and management of sustainability*, pp. 75-87. New York: Columbia University Press.
- COSTANZA, R. & DALY, H. (1992). «Natural capital and sustainable development». *Conservation Biology* 1, pp. 37-45.
- DALY, H. & GOODLAND, R. (1993). *An ecological-economic assessment of deregulation of international commerce under GATT*. Discussion draft. Washington, D. C.: The World Bank.
- (1986). «Comments on "population growth and economic development"». *Population and Development Review* 12, pp. 583-585.
- (1992). Steady-state economics: Concepts, questions, policies. *Gaia* 6, pp. 333-338.
- FOLKE, C., J. LARSSON, & J. SWEITZER, (1994). Renewable resource appropriation by cities. «Down To Earth: Practical Applications of Ecological Economics», 3.ª Conferencia de la International Society for Ecological Economics, San José, Costa Rica (24-28 oct. 1994).
- HANNON, B. (1975). «Energy conservation and the consumer». *Science* 189, pp. 95-102.
- HARDIN, G. (1991). «Paramount positions in ecological economics», en R. Costanza, (Ed.). *Ecological economics: The science and management of sustainability*, pp. 47-57. New York: Columbia University Press.
- JACCARD, M. (1991). «Does the rebound effect offset the electricity savings of powersmart?». Discussion Paper for BC Hydro. Vancouver: BC Hydro.
- KIRCHNER, J., G. LEDUC, R. GOODLAND, J. DRAKE (1985). «Carrying capacity, population growth, and sustainable development». En D. Mahar (Ed.). *Rapid population growth and human carrying capacity: Two perspectives*. Staff Working Papers 690, Population and Development Series. Washington, D. C.: The World Bank.
- MEADOWS, D. H., D. L. MEADOWS, & J. RANDERS (1992). *Beyond the limits*. Toronto: McClelland and Stewart.
- OVERBY, R. (1985). «The urban economic environmental challenge: improvement of human welfare by building and managing urban ecosystems». POLMET'85 Urban Environmental Conference. Washington, DC: The World Bank.
- PAULY, D. & V. CHRISTENSEN (1995). «Primary production required to sustain global fisheries». *Nature* 374, pp. 255-257.
- PEARCE, D. (1994). «Sustainable consumption through economic instruments». Government of Norway Symposium on Sustainable Consumption, Oslo, 19-20, enero, 1994.
- REES, W. (1992). «Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out». *Environment and Urbanization* 4, 2, pp. 121-130.
- (1988). «A role for environmental assessment in achieving sustainable development». *Environ. Impact Assess. Rev.* 8, pp. 273-291.
- (1990). «Sustainable development and the biosphere». *Teilhard Studies* Number 23. «The Ecology of Sustainable Development». *The Ecologist* 20 (1), 18-23.
- (1994a). «Sustainability, growth, and employment: Toward an ecologically stable, economically secure, and socially satisfying future». Winnipeg, Manitoba: International Institute for Sustainable Development. (Versión revisada en *Alternatives* 21,

- pp. 4 [Oct/Nov. 1995]).
- (1994b). Pressing global limits: Trade as the appropriation of carrying capacity, en T. Schrecker & J. Dalgleish (Eds.). *Growth, trade, and environmental values*, pp. 29-56. London, Ont: Westminster Institute for Ethics and Human Values.
 - (1995). Achieving sustainability: Reform or transformation? *Journal of Planning Literature* 9, pp. 343-361.
 - & M. WACKERNAGEL (1994). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy, en Jansson, A-M., M. Hammer, C. Folke, and R. Costanza (Eds.). *Investing in natural capital: The ecological economics approach to sustainability*, pp. 362-390. Washington: Island Press.
- RIVM (1991). *National environmental outlook, 1990-2010*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene.
- SAUNDERS, H. D. (1992). The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal* 13, 4, pp. 131-148.
- SCHMIDT-BLEEK, E. (1992a). MIPS—A universal ecological measure. *Fresenius Environmental Bulletin* 1, pp. 306-311.
- (1992b). MIPS revisited. *Fresenius Environmental Bulletin* 2, 407-412.
- SCHNEIDER, E. & J. KAY (1992). Life as a manifestation of the second law of thermodynamics. *Advances in Mathematics and Computers in Medicine*. (Waterloo, Ont.: University of Waterloo Faculty of Environmental Studies, Working Paper Series).
- STERER, W. (1993). Human economics: A non-human perspective. *Ecological Economics* 7, pp. 183-202.
- WATN, A. & D. W. BROMLEY. (1993). Choices without prices without apologies. *Journal of Environmental Economics and Management* 26, pp. 129-148.
- WITOUSEK, P., P. EHRLICH, A. EHRLICH, & P. MATSON (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience* 36, 368-374.
- WACKERNAGEL, M. (1994). *The ecological footprint and appropriated carrying capacity: A tool for planning toward sustainability*. PhD Thesis, University of British Columbia School of Community and Regional Planning, Vancouver: UBC/SCARP.
- WCED. (1987). *Our common future*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press.
- WON WEIZÄCKER, ERNST U. (1994). *Earth politics*. London: Zed Books (see Chapter 11: Ecological Tax Reform).
- WACKERNAGEL, M. & W. REES. (1995). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA: New Society Publishers.



Universitat Autònoma de Barcelona

**Programa Internacional de Maestría y Doctorado en Economía Ecológica y Política Ambiental
Universidad Autónoma de Barcelona**

Este programa empezará en octubre de 1997, las solicitudes serán recibidas hasta el mes de mayo de 1997. El programa consiste en dos años de cursos (Fundamentos de Economía Ecológica, Estadísticas Ambientales, Problemas Ecológicos Internacionales, etc.) y además una tesis de maestría. Posteriormente puede optarse al grado de doctor, tras escribir una tesis doctoral. Los profesores serán conocidos especialistas en Economía Ecológica, como Martin O'Connor, Silvio Funtowicz, Sylvie Faucheux, Robert Costanza, Jeroen van den Bergh, Christian Azar y otros.

Información: J. Martínez Alier o Giuseppe Munda.

Dept. d'Economia i Hist. Econ.
Universitat Autònoma de Barcelona
Bellaterra (Barcelona 08193)

Fax (343) (93) 5812012
email: iehe7@cc.uab.es

Requisitos: Una licenciatura o ingeniería en ciencias (biología, ciencias ambientales), en geografía o en economía, y buen conocimiento del inglés (a nivel oral).