

## Bioeconomía básica

[1]

[2]

*Nicholas Georgescu-Roegen*

Salvo unas cuantas excepciones insignificantes, todas las especies, dejando fuera al hombre, sólo usan instrumentos endosomáticos, como los llama Alfred Lotka (piernas, garras, alas, etc.), que pertenecen por nacimiento a cada organismo. Sólo el hombre llegó, con el tiempo, a usar un garrote, que no le pertenece por nacimiento pero que extendió su brazo endosomático e incrementó su fuerza. En ese momento, la evolución del hombre trascendió los límites biológicos para incluir también (y sobre todo) la evolución de instrumentos exosomáticos, es decir, instrumentos producidos por el hombre pero que no pertenecen a su cuerpo [3]. A esto se debe que el hombre pueda ahora volar en el cielo o nadar bajo el agua aun cuando su cuerpo carezca de alas, aletas o agallas. La evolución exosomática ocasionó dos cambios fundamentales e irrevocables en la especie humana. El primero es el irreducible conflicto social que caracteriza a la especie **[Georgescu-Roegen, 1966:98-101] [Georgescu-Roegen, 1971:306-315, 348f]**. En efecto, hay otras especies que también viven en sociedad pero que están libres de dicho conflicto. La razón es que sus "claves sociales" corresponden a divisiones biológicas bien definidas. La matanza periódica de una gran parte de los zánganos perpetrada por las abejas es una acción biológica natural, no una guerra civil.

El segundo cambio es la adición del hombre a los instrumentos exosomáticos, un fenómeno análogo al del pez volador que se hizo adicto a la atmósfera y se transformó en ave para siempre. Es debido a esta adición por lo que la supervivencia de la humanidad es algo totalmente distinto a las de todas las demás especies **[Georgescu-Roegen, 1971:302-305]**. No es sólo biológico ni sólo económico: es bioeconómico. Sus amplios contornos dependen de las múltiples asimetrías entre las tres fuentes de baja entropía que juntas constituyen la dotación de la humanidad: por un lado, la energía gratis recibida del Sol, y por el otro, la energía también gratuita y las estructuras materiales ordenadas que están almacenadas en las entrañas de la Tierra.

La *primera* asimetría se refiere que el componente terrestre es un acervo, mientras que el solar es un *flujo*; es preciso comprender cabalmente esta diferencia **[Georgescu-Roegen, 1971:226f]**. El carbón *in situ* es un acervo porque podemos usarlo todo ahora (en teoría) o a lo largo de los siglos. Pero de ningún modo podemos usar la más mínima parte del flujo futuro de radiación solar. Además, la intensidad de este flujo está totalmente fuera de nuestro control, depende por completo de las condiciones cosmológicas, incluyendo el tamaño de nuestro globo [4]. Haga lo que haga, una generación no puede modificar la porción de radiación solar de cualquier generación futura. En cambio, lo contrario es cierto para las porciones terrestres, debido a la prioridad del presente sobre el futuro y a la irrevocabilidad de la degradación entrópica. Estas porciones se ven afectadas por la cantidad de dotación terrestre que hayan consumido las generaciones anteriores.

La *segunda* asimetría es que, como no existe procedimiento alguno que permita al hombre transformar la energía en materia..., la baja entropía material asequible es con mucho el elemento más crítico desde el punto de vista bioeconómico. Es cierto que un pedazo de carbón quemado por nuestros antecesores ha desaparecido para siempre, al igual que una parte de la plata o el hierro extraído por ellos. Sin embargo, las generaciones futuras tendrán siempre su porción inalienable de energía solar (que, como veremos, es enorme). Así, al menos podrán utilizar cada año una cantidad de madera equivalente al crecimiento vegetal anual. No existe una compensación similar para la plata y el hierro disipados por las generaciones anteriores. Debido a ello, en la bioeconomía se debe recalcar que cada Cadillac, cada Zim y, desde luego, cada arma, significan para las generaciones futuras menos arados y en consecuencia menos seres humanos **[Georgescu-Roegen, 1966:13] [Georgescu-Roegen, 1971:304]**.

La *tercera* asimetría es la astronómica diferencia entre la cantidad del flujo de energía solar y el tamaño del acervo de energía libre de la Tierra. Al costo de una reducción en la masa de  $131 \times 10^{12}$  toneladas, el Sol irradia cada año  $10^{13} Q$  (¡un solo  $Q$  es igual a  $10^{18}$  BTU!). De este flujo fantástico, tan sólo unos 5.300  $Q$  se interceptan en los límites de la atmósfera de la Tierra, y más o menos la mitad de ellos rebotan al espacio. En nuestra propia escala, sin embargo, incluso esta cantidad es fantástica, pues el actual consumo mundial de energía asciende a no más de 0,2  $Q$  por año. De la energía solar que llega hasta el suelo, la fotosíntesis absorbe sólo 1,2  $Q$ . De las caídas de agua podríamos obtener un máximo de 0,08  $Q$ , pero ahora usamos sólo una décima parte de ese potencial. Piénsese, además, que el Sol seguirá brillando con más o menos la misma intensidad durante 5.000 millones de años más (antes de convertirse en una estrella roja que elevará la temperatura de la tierra a 538. C). No hay duda de que la especie humana no sobrevivirá para beneficiarse de toda esa abundancia.

Al analizar el acervo terrestre encontramos que, según las mejores estimaciones, la dotación inicial de combustible fósil fue sólo 215  $Q$ . Las reservas recuperables (conocidas y probables) son de apenas 200  $Q$ ; sólo producirían dos semanas de luz solar en el planeta [5]. Si estas reservas se siguen agotando al ritmo actual, bastarán para satisfacer las necesidades de la actividad industrial por sólo unas cuantas décadas más. Las mismas reservas de uranio 235 no durarán un período mayor si se les utiliza en los reactores comunes y corrientes. Hoy día las esperanzas están puestas en el reactor reproductor, que con la ayuda del uranio 235 puede "extraer" la energía de los elementos fértiles pero no fisibles: el uranio 238 y el torio 232. Algunos expertos aseguran que esta fuente de energía es "en esencia inagotable" **[Weinberg y Hammond, 1970:412]**. Se cree que sólo en Estados Unidos existen grandes superficies cubiertas con biopelita y granito que contienen 60 gramos de uranio o torio natural por tonelada métrica **[Hubbert, 1969:226f]**. Con esta base, Weinberg y Hammond **[Weibwerg y Hammond, 1970:415f]** han expuesto un ambicioso plan. Explorando a cielo abierto y triturando todas estas rocas, se obtendría combustible nuclear suficiente para unos 32.000 reactores reproductores distribuidos en 4.000 parques marinos que podrían abastecer a una población de 20.000 millones de personas durante millones de años con el doble de energía por cápita de la que se consume anualmente en ese país. El gran plan es clásico del pensamiento lineal, según el cual todo lo que se necesita para la existencia de una población, incluso "mucho mayor que los 20.000 millones", es incrementar proporcionalmente todos los suministros [6]. No es que los autores no nieguen que también hay problemas no técnicos, pero reducen su importancia con un celo extraordinario **[Weibwerg y Hammond, 1970:417f]**. El aspecto más importante, el de si se puede lograr una organización social compatible con la densidad de la población y la manipulación nuclear en gran escala, Weinberg **[Weinberg, 1972]** lo descarta por "transcientífico" [7]. Los técnicos suelen olvidar que, debido a sus propios logros, hoy día puede ser más fácil llevar la montaña a Mahoma que inducirlo a ir a la montaña. Por el momento, el obstáculo es mucho más palpable. Hoy día en los foros responsables se reconoce abiertamente que un reactor reproductor sigue presentando graves riesgos de catástrofe nuclear;

el problema del transporte seguro de combustible nuclear, sobre todo el del almacenamiento seguro de los derechos radioactivos, sigue esperando una solución, incluso en una escala de operación moderada [Guillete, 1972] especialmente [Gofman, 1972] [Novick, 1974].

Aún queda el sueño más grande de los físicos. La reacción termonuclear controlada. Para construir un verdadero adelanto, se debe tratar de la reacción deuterio-deuterio, la única que podría abrir una formidable fuente de energía terrestre durante un prolongado período [8]. No obstante, debido a las dificultades antes mencionadas, los mismos expertos que trabajan en ella no han encontrado razones para albergar demasiadas esperanzas.

Para redondear, cabe señalar que la energía de las olas y la geotermia, aunque no son despreciables (en total  $0.1 Q$  al año), sólo se puede aprovechar en situaciones muy limitadas.

Así pues, está claro el panorama general. Las energías terrestres con las que realmente podemos contar existen en cantidades muy pequeñas, mientras que el uso de las más abundantes está rodeado de grandes riesgos y formidables obstáculos técnicos. Por otra parte, la inmensa energía solar, que nos alcanza de sobra, aún no se aprovecha de modo directo en escala significativa, sobre todo porque desde el punto de vista económico su uso resulta muy ineficiente. Con todo, ha habido resultados prometedores en diversos terrenos [Glaser, 1968:11]. Lo que importa desde el punto de vista bioeconómico es que las posibilidades de usar la energía solar directamente no están rodeadas de riesgos o grandes interrogantes: es un hecho totalmente comprobado.

La conclusión es que la dotación entrópica de la humanidad presenta otra importante escasez diferencial. Desde el punto de vista del largo plazo extremo, la energía libre terrestre es mucho más escasa que la recibida del Sol. El punto expone la insensatez de cantar victoria porque al fin podemos obtener proteínas a partir de los combustibles fósiles. La razón señala que nos debemos mover precisamente en la dirección opuesta: convertir sustancias vegetales en combustible hidrocarburo, una línea por demás natural que ya han adoptado diversos investigadores [Glaser, 1968:311-313] [9].

La *cuarta* asimetría está en el terreno de la utilización industrial, donde la energía solar presenta mucho más inconveniente que la energía terrestre. Ésta se encuentra concentrada, a veces en exceso, de tal suerte que nos permite obtener casi de manera instantánea grandes cantidades de trabajo, la mayor parte del cual no se podría obtener de otra manera. En gran contraste, el flujo de energía solar nos llega con una intensidad extremadamente baja, como una lluvia fina, casi como una neblina microscópica. La diferencia importante con la verdadera lluvia es que no se recolecta de manera natural en riachuelos, después en arroyos y ríos y por último en lagos, donde la vemos en forma concentrada, como sucede con las caídas de aguas. Considérense las dificultades que habría que afrontar si se intentase utilizar *directamente* la energía cinética de algunas gotas microscópicas de lluvia conforme cayesen. La misma dificultad presenta el uso directo de energía solar (es decir, no a través de la energía química de las plantas verdes, o la energía cinética del viento y las caídas de aguas). Con todo, antes se recalcó que dificultad no equivale a imposibilidad. (Nota del compilador: los escritores más recientes de Georgescu-Roegen son menos optimistas en torno de las perspectivas para el uso directo de la energía solar; véase, por ejemplo, **Energy Analysis and Economic Valuation**, en Southern Economic Journal, abril de 1979).

La *quinta* diferencia o asimetría importante es una ventaja singular e inconmensurable de energía solar. El uso de cualquier energía terrestre genera cierto grado de contaminación que, además, es irreducible y por ende acumulativa, aunque sólo se trate de contaminación térmica. En contraste, cualquier uso de la energía solar es *libre de contaminantes* pues, se use o no, el destino final de esa energía no cambia: convertirse en

el calor disipado que mantiene el equilibrio termodinámico entre el planeta y el espacio exterior a una temperatura propicia [10].

La *sexta* asimetría se refiere a un hecho elemental: la supervivencia de todas las especies de la Tierra depende, directa o indirectamente, de la radiación solar (además de algunos elementos de una capa superficial del medio). Sólo el hombre, debido a su extensión exosomática, depende también de los recursos minerales, para cuyo uso no compite con ninguna otra especie pero que al utilizarlos hace peligrar a muchas especies, incluyendo la suya propia. De hecho, algunas especies han sido llevadas casi a la extinción tan sólo debido a las necesidades exosomáticas del hombre o a sus anhelos por lo extravagante. Pero nada en la Naturaleza se compara en ferocidad con la competencia del hombre por la energía solar (en su forma primaria o secundaria). El hombre no se ha apartado un ápice de la ley de la selva, y si acaso lo ha hecho ha sido para hacerla aún más despiadada con sus complejos instrumentos exosomáticos. El hombre ha buscado abiertamente el exterminio de cualquier especie que le roba alimento o se alimenta de él (lobos, conejos, hierbas, insectos, microbios, etc.).

Pero esta lucha del hombre con otras especies por el alimento (en último análisis, por la energía solar) tiene también algunos aspectos poco visibles. Y, curiosamente, uno de ellos, además de tener consecuencias de gran alcance refuta de manera por demás ilustrativa la extendida creencia de que toda innovación tecnológica constituye un avance en la dirección correcta en lo que concierne a economizar recursos. Se trata de la economía en las técnicas agrícolas modernas.

Justus Von Liebig observó que "la civilización es la economía del poder" [Georgescu-Roegen, 1971:304]. En el presente, la economía del poder en todos sus aspectos exige un cambio de dirección. En vez de ser tan oportunistas y concentrar nuestras investigaciones en el descubrimiento de métodos más eficientes en términos económicos para capturar la energía mineral (finita y llena de contaminantes pesados) debemos dirigir nuestros esfuerzos a mejorar los usos directos de la energía solar (la única limpia y en esencia ilimitada). Las técnicas conocidas se deben difundir de inmediato entre todos los pueblos a fin de que todos aprendamos de la práctica y hagamos avanzar el oficio correspondiente.

Una economía que descansa fundamentalmente en la energía solar eliminará, aunque no por completo, el monopolio del presente sobre las generaciones futuras, pues incluso dicha economía tendrá que seguir capturando la dotación terrestre, sobre todo en busca de materiales. Las innovaciones tecnológicas sin duda desempeñarán un papel en esta dirección. Pero es hora de dejar de destacar exclusivamente (como todas las plataformas lo han hecho hasta ahora) el incremento de la oferta. La demanda también puede por tanto desempeñar, en última instancia, un papel determinado, uno incluso mayor y más eficiente.

Sería necio proponer una renuncia total a la comodidad industrial de la evolución exosomática. La humanidad no regresará a las cuevas o, mejor dicho, a los árboles, pero hay ciertos puntos que se pueden incluir en un programa bioeconómico mínimo.

*Primero*, debe abolirse por completo la producción de todos los instrumentos de guerra, *no sólo la guerra misma*. Es en extremo absurdo (y también hipócrita) seguir cultivando tabaco si declaradamente nadie pretende fumar. Las principales naciones productoras de armamentos pueden lograr un consenso en torno a esta prohibición sin mayores dificultades si, como afirman, también poseen la sabiduría para dirigir a la humanidad. Abandonar la producción de todos los instrumentos de guerra no sólo eliminará las matanzas masivas con armas ingeniosas; también liberará una buena proporción de fuerzas productivas que se podrán destinar a la ayuda internacional sin reducir el estándar de vida de los países correspondientes.

*Segundo*, con estas fuerzas productivas así como con medidas bien planeadas y de buena fe se debe ayudar a las naciones subdesarrolladas a lograr lo más pronto posible condiciones buenas (no suntuosas) de vida. Ambos extremos del espectro deben participar realmente en los esfuerzos requeridos por esta transformación y reconocer el imperativo de un cambio radical en sus polarizados puntos de vista sobre la vida [11].

*Tercero*, se debe reducir en forma gradual la población mundial hasta alcanzar un nivel en que la humanidad toda se pueda alimentar adecuada y exclusivamente con productos agrícolas orgánicos [12]. Sobra señalar que las naciones que ahora tienen un alto crecimiento demográfico deberán realizar grandes esfuerzos para tener logros lo más pronto posible en esta dirección.

*Cuarto*, hasta que el uso directo de la energía solar se convierta en una realidad generalizada o se logre la fusión controlada, todo gasto de energía (por sobrecalentamiento, sobreenfriamiento, velocidad o iluminación excesivas, etc.) se debe evitar a toda costa y si es necesario legislar al respecto.

*Quinto*, nos debemos curar de la mórbida sed de poseer lujosos aparatos, espléndidamente ilustrados por un artículo tan contradictorio como el carrito de golf, y del ansia de esplendores tan gigantescos como automóviles *para dos garajes*. Cuando hagamos eso, los fabricantes dejarán de manufacturar esos "bienes".

*Sexto*, debemos también eliminar la moda, "esa enfermedad de la mente humana", como la llama el abad Ferdinando Galiani en su celebrado **Della moneta** (1759). Es verdaderamente una enfermedad de la mente tirar un abrigo o un mueble cuando aún pueden desempeñar su propósito específico, pero obtener un auto "nuevo" cada año y remodelar la casa cada dos es un crimen bioeconómico. Otros autores han propuesto que se elaboren bienes que duren más (p.e., 12,146), pero es aún más importante que los consumidores aprendan a rechazar la moda; sólo entonces los fabricantes se preocuparán por la durabilidad.

*Séptimo*, y muy relacionado con el anterior, es preciso ampliar la vida útil de los bienes duraderos con diseños que permitan repararlos (Una analogía plástica de hoy día es que, en muchos casos, tenemos que tirar un par de zapatos sólo porque se ha roto una suela.).

*Octavo*, en obligada armonía con los pensamientos anteriores, nos debemos curar de lo que he designado el "circúndrome de la máquina de rasurar": rasurarse más rápidamente para tener más tiempo para trabajar en una máquina que rasure con mayor rapidez para tener más tiempo para trabajar en una máquina de rasurar aún más rápida, y así *ad infinitum*. Este cambio exigirá una gran cantidad de retractaciones por parte de todas esas profesiones que han embaucado al hombre en esta vacía regresión infinita. Debemos llegar a comprender que un requisito previo importante para una vida buena es disponer de una cantidad considerable de ocio empleado de manera inteligente.

Consideradas sobre papel, en abstracto, las recomendaciones anteriores en conjunto serían razonables para cualquiera dispuesto a examinar la lógica en que descansan. Sin embargo, desde que me interesé en la naturaleza entrópica del proceso económico he tenido en mente un pensamiento: ¿la humanidad hará caso de un programa que implique limitar su adicción a la comodidad exosomática? Tal vez el destino del hombre sea vivir una existencia corta pero apasionante, excitante y derrochadora, más que una vida prolongada, tranquila y vegetativa. Que otras especies (las amebas, por ejemplo) sin ambiciones espirituales hereden una tierra aún bañada en abundancia por la luz del Sol.

## Referencias

- Artin, Tom (1973) **Earth Talk: Independent Voices on the Environment** (Nueva York, Grossman)
- Daniels, Farrington (1964) **Direct use of the Sun's Energy** (New Haven, Yale University Press)
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1969) **Process in Farming versus Process in Manufacturing: A problem of Balanced Development** (Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies, Ugo Papi y Charles Nunn, comp. Londres, Macmillan; Nueva York, St. Martin's Press, pp. 497-528)
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1966) **Analytical Economics: Issues and Problems** (Cambridge, Harvard University Press)
- Georgescu-Roegen, Nicholas **The Entropy Law and the Economic Problem** (Reimpreso en este volumen)
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1971) **The Entropy Law and the Economic Process** (Cambridge, Harvard University Press) (Hay traducción española: (1996) **La Ley de la Entropía y el proceso económico** (Madrid: Fundación Argentaria - Visor Dis.) )
- Guillete, Robert (1972) **Nuclear Safety: Damaged Fuel Ignites a New Debate in AEC** (*Science*, 28 de julio de 1972, pp. 330-331)
- Guillete, Robert (1972) **Reactor Safety: AEC Concedes Some Points to Its Critics** (*Science*, 3 de noviembre de 1972, pp. 482-484)
- Glaser, Peter E. (1968) **Power from the Sun: Its Future** (*Science*, 22 de noviembre de 1968, pp. 857-861)
- Gofman, John W. (1972) **Time for a Moratorium** (*Environmental Action*, noviembre de 1972, pp. 11-15)
- Hammond, Allen L. (1971) **Solar Energy: A Feasible Source of Power?** (*Science*, 14, mayo de 1971, p. 660)
- Hibbard, Walter R. Jr. (1968) **Mineral Resources: Challenge or Threat?** (*Science*, 12 de abril de 1968, pp. 143-145)
- Hubbert, M. (1969) **King Energy Resources** (Cloud Preston, comp., *Resources and Man*, San Francisco, W.A. Freeman, 1969, pp. 157-) 242
- Maddox, John (1972) **The Doomsday Syndrome** (Nueva York, McGraw-Hill)
- Novick, Sheldon (1974) **Nuclear Breeders** (*Environment*, julio-agosto de 1974, pp. 6-15)
- Sprout, Harold y Margaret Sprout (1974) **Multiple Vulnerabilities, mimeo** (Research Monograph, núm. 40, Center of International Studies, Princeton University)
- Weinberg, Alvin M. (1972) **Social Institutions and Nuclear Energy** (*Science*, 7 de julio de 1972, pp. 27-34)

Weinberg, Alvin M., y R. Philip Hammond *Limits to the Use of Energy* (*American Scientist*, julio-agosto de 1970, pp. 412-418)

Fecha de referencia: 31-01-1998

---

1: Publicado en *Economía, ecológica y ética*. Herman E. Daly (compilador). México: Fondo de Cultura Económica

---

2: El uso de este término *Bioeconomía básica* lo vi por vez primera en una carta de Jiri Zeman.

---

3: La práctica de la esclavitud en el pasado y la obtención en el futuro de órganos para trasplante son fenómenos asociados a la evolución exosomática.

---

4: Un hecho muy malinterpretado: la tierra ricardiana tiene valor económico por la misma razón que la red del pescador. La tierra ricardiana captura la energía más valiosa, más o menos en proporción a su tamaño total [*Georgescu-Roegen, 1969:508*] [*Georgescu-Roegen, 1971:232*].

---

5: Las cifras de esta sección se calcularon a partir de los datos de Daniels [*F. Daniels, 1964*] y Hubbert [*M. Hubbert, 1969*]. Dichos datos, en especial los relativos a las reservas, varían de un autor a otro, pero no significativamente. No obstante, la aseveración de que "los vastos esquistos bituminosos que se encuentran en todas partes del mundo (durarían) no menos de 40.000 años" [*J. Maddox, 1972:99*] es pura fantasía.

---

6: En una respuesta a los críticos [*American Scientist, I.VIII, núm.6,p.610*], los mismos autores demuestran, de nuevo de manera lineal, que los grandes complejos agroindustriales del gran plan podrían alimentar con facilidad a dicha población.

---

7: Para un examen reciente del efecto social del crecimiento industrial, en general, y de los problemas sociales que surgen del uso en gran escala de la energía nuclear, en particular, véase [*H. y M. Sprout, 1974*] una monografía de Harold y Margaret Sprout, pioneros en este campo.

---

8: Sólo un 1% del deuterio de los océanos proporcionaría  $10^8$  Q mediante esa reacción, una cantidad suficientemente amplia para millones de años de comodidad industrial muy alta. La reacción deuteriotritio tiene más posibilidades por requerir una temperatura inferior, pero, como implica el uso del litio 6, que existe en proporciones muy bajas, produciría un total sólo de 200 Q.

---

9: Es interesante saber que en Suecia durante la Segunda Guerra Mundial, los automóviles se movían con la pobre gasolina obtenida al calentar carbón de leña en un recipiente que servía de tanque.

---

10: Una calificación necesaria aunque el uso de energía solar puede transformar el clima si la energía se

*libera en otro lugar de donde fue recolectada. Lo mismo vale para una diferencia en el tiempo, pero es poco probable que este caso tenga alguna importancia práctica.*

---

*11: En la conferencia de Dai Dong (Estocolmo, 1972) sugerí la adopción de una medida que me parece aplicable con mucha menor dificultad que tratar con instalaciones de cualquier tipo: dejar que las personas se muden libremente de un país a otro cualquiera. Su recepción fue menos que tibia. Véase [**T. Artim, 1973:72**].*

---

*12: Para evitar cualquier mala interpretación, debo añadir que la actual moda de los alimentos orgánicos no tiene nada que ver con esta propuesta.*

*Boletín CF+S > 4 -- Especial sobre VIVIENDA Y PARTICIPACION SOCIAL >  
<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/angeor.html>*

*Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X*