

# Una economía para el futuro: más allá del superorganismo<sup>1</sup>

NATHAN J. HAGENS

Traducción de Manuel Casal Lodeiro

La Economía Ecológica estudia las relaciones entre los ecosistemas y los sistemas económicos en el más amplio sentido.

*Robert Costanza* (primera frase del primer artículo en el primer número de la revista *Ecological Economics*)

El verdadero problema de la humanidad es el siguiente: tenemos emociones paleolíticas, instituciones medievales y tecnología de dioses.

*E.O. Wilson*

Vivimos en un mundo donde cada vez hay más información, y menos significado.

*Jean Baudrillard*

No todo aquello a lo que nos enfrentamos lo podemos cambiar, pero no podemos cambiar nada hasta que lo enfrentamos.

*James Baldwin*

A pesar de décadas de advertencias, acuerdos y activismo, tanto el consumo humano de energía, como las emisiones y las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico marcaron nuevos récords en 2018.<sup>2</sup> Si la economía mundial continúa creciendo en torno al 3,0% anual, consumiremos tanta energía y materiales en torno a los próximos 30 años

<sup>1</sup> El artículo original fue publicado por la revista *Ecological Economics*, vol. 169 (marzo de 2020): <https://www.sciencedirect.com/science/Articulo/pii/S0921800919310067> con una licencia Creative Commons BY-NC-ND <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>. Ha sido traducido y reproducido con permiso del autor.

<sup>2</sup> C.L. Quéré, R.M. Andrew, P. Friedlingstein, S. Sitch, *et al.*, «Global carbon budget 2018», *Earth System Science Data*, núm. 10, 2018, pp. 2141-2194.

como en los 10.000 años precedentes. ¿Es inevitable semejante escenario? ¿Es posible?

Al mismo tiempo, todos los días recibimos avisos de que la economía mundial no está funcionando como solía,<sup>3</sup> por ejemplo el aumento de la desigualdad en la riqueza y los ingresos, la abultada dependencia con

**Por evitar afrontar las consecuencias de nuestra realidad biofísica, estamos logrando crecer de formas cada vez más insostenibles**

respecto a la deuda y las garantías públicas, movimientos políticos populistas, el auge de la apatía, de la tensión y de la violencia y la decadencia ecológica. Para evitar afrontar las consecuencias de nuestra realidad biofísica, estamos consiguiendo crecer de formas cada vez más insostenibles. El

mundo desarrollado está recurriendo a las finanzas para facilitar la extracción de cosas que de otra forma no nos podríamos permitir extraer, para producir a su vez cosas que de otro modo no podríamos permitirnos consumir.

Con este telón de fondo, ¿qué tipo de sistemas económicos futuros son factibles actualmente? ¿Qué coreografía podría posibilitar su aparición? En pleno Antropoceno, ¿qué conclusiones podemos extraer sobre nuestro futuro si analizamos detenidamente las *relaciones entre los ecosistemas y los sistemas económicos en su sentido más amplio*? La Economía Ecológica se adelantó a su tiempo cuando reconoció la importancia fundamental de los servicios de la naturaleza y las bases biofísicas de las economías humanas. ¿Se puede diseñar ahora, partiendo de ella, un plan de “reconstrucción” que nos guíe por el camino que tenemos que seguir?

Antes de prescribir recetas, debemos comenzar por el diagnóstico completo del paciente. En 2019, no podemos limitarnos a hacer una lista fragmentaria de lo que está mal. Para describir coherentemente la economía mundial hace falta una visión *sistémica*: describir las partes, los procesos, la forma en que las partes y los procesos interactúan, y lo que dichas interacciones comportan para las posibilidades futuras. En este artículo se presenta una visión de conjunto resumida de las relaciones entre el comportamiento humano, la economía y el medioambiente de la Tierra. Se explica claramente cómo una especie social autoorganizada en torno al excedente se ha trasmutado metabólicamente en un solo “superorganismo”, sin

---

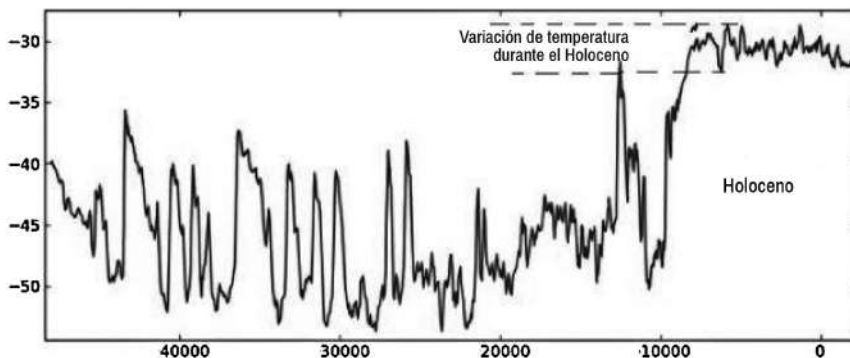
<sup>3</sup> B. Stokes, «2. Public Divided on Prospects for the Next Generation», *Pew Research Center's Global Attitudes Project*, 5 de junio de 2017, disponible en <https://www.pewresearch.org/global/2017/06/05/2-public-divided-on-prospects-for-the-next-generation/>.

mente y hambriento de energía. Para concluir, se ofrece una valoración de nuestras limitaciones y oportunidades, y se propone el posible diseño de un sistema económico más sapiente.

## Introducción

Durante la mayor parte de los últimos 300.000 años, los seres humanos vivimos en grupos sostenibles, igualitarios y nómadas, para los que la inestabilidad climática y los bajos niveles de CO<sub>2</sub> hacían improbable el éxito de la agricultura.<sup>4</sup> Hace unos 11.000 años el clima comenzó a hacerse más cálido, para acabar estabilizándose en niveles más cálidos que en los 100.000 años anteriores (fig. 1). Esa estabilidad posibilitó el desarrollo de la agricultura al menos en siete lugares diferentes a lo largo y ancho del mundo. Por primera vez, varios grupos de humanos comenzaron a organizarse en torno al excedente físico: una producción que excedía las necesidades calóricas inmediatas del grupo. Gracias a que una parte de la población ya no tenía que dedicar su tiempo a cazar y recolectar, este excedente hizo posible el desarrollo de nuevas ocupaciones, jerarquías y complejidad.<sup>5</sup> Esta dinámica novedosa dio lugar a la extensión de la agricultura y de las sociedades estatales de gran escala a lo largo de los milenios inmediatamente posteriores.<sup>6</sup>

Fig. 1. Registro de 50.000 años de temperaturas (°C) en la superficie del hielo en Groenlandia<sup>7</sup>



<sup>4</sup> P. Richerson, R. Boyd y R. Bettinger, «Was Agriculture Impossible during the Pleistocene but Mandatory during the Holocene?», *A Climate Change Hypothesis*, núm. 66, 2001, pp. 1-50.

<sup>5</sup> J. Gowdy y L. Krall, «The ultrasocial origin of the Anthropocene», *Ecological Economics*, núm. 95, 2013, pp. 137-147.

<sup>6</sup> J. Gowdy y L. Krall, «Agriculture as a major evolutionary transition to human ultrasociality», *Journal of Bioeconomics*, núm. 16, 2014, pp. 179-202.

<sup>7</sup> B. Hansen, «Holocene - History of Earth's Climate», 2013, disponible en: <http://www.dandebat.dk/eng-klima7.htm>.

En el siglo XIX, este proceso se aceleró a raíz del descubrimiento a gran escala del carbono fósil y de la invención de tecnologías para utilizarlo como combustible. El carbono fósil proporcionó a los seres humanos una fuente de energía extremadamente densa (aunque finita) que podían extraer al ritmo que quisieran, a diferencia del flujo de luz solar fijo y sumamente difuso de las eras anteriores.

Este botín energético hizo posible que el siglo XX fuese un periodo único en la historia humana: 1) la disponibilidad de más recursos (y más baratos) dio lugar a un aumento pronunciado de la productividad y a un crecimiento económico sin precedentes; 2) un sistema financiero basado en una deuda libre de las ataduras físicas permitió que el crédito expansivo y el consumo asociado se acelerasen; y 3) todo ello alimentó los excedentes de recursos que hacían posible que las sociedades fuesen más diversas y ricas.

El siglo XXI se está desviando de esa trayectoria: 1) la energía y los recursos se están convirtiendo de nuevo en factores que constriñen el desarrollo económico y social; 2) la expansión física basada en el crédito es cada vez más arriesgada y alcanzará finalmente un límite; 3) las sociedades se están polarizando y perdiendo confianza en los gobiernos, en los medios de comunicación y en la ciencia; y 4) los ecosistemas se están degradando a medida que absorben grandes cantidades de residuos energéticos y materiales procedentes de los sistemas humanos.

¿Adónde vamos, dada esta coyuntura?

## Comportamiento humano

Los humanos somos únicos, pero de la misma forma que también lo son las ranas arbóreas o los hipopótamos. Seguimos siendo mamíferos, concretamente primates. Nuestras características físicas (esclerótica ocular, boca pequeña, falta de [desarrollo de] los caninos, etc.) son el resultado de la evolución de nuestro pasado social en grupos pequeños.<sup>8,9</sup> Sin embargo, nuestros cerebros y comportamientos también son el resultado de lo que funcionaba en nuestro pasado. No vamos por la vida aumentando al máximo nuestra adecuación biológica de una manera cons-

<sup>8</sup> Y. Buleet, Y. Emes, B. Aybar y S. Yalcin, «On the evolution of human jaws and teeth: a review», *Bulletin of the International Association for Paleodontology*, núm. 5, 2011.

<sup>9</sup> H. Kobayashi y S. Kohshima, «Evolution of the Human Eye As a Device for Communication», en T. Matsuzawa (ed.): *Primate Origins of Human Cognition and Behavior*, Springer, 2008, pp. 383-401.

ciente, sino que actuamos como “ejecutores de adaptación” que buscan replicar los estados emocionales cotidianos de nuestros exitosos antepasados.<sup>10</sup> Los humanos tenemos una capacidad impresionante para procesar información, cooperar y descubrir cosas, que es lo que nos ha permitido alcanzar el estado de organización y la riqueza actuales. Pero nuestras mentes de la Edad de Piedra están respondiendo a la tecnología moderna, a la abundancia de recursos y a los grupos sociales grandes y fluidos, de maneras novedosas. Estos comportamientos –que se resumen más adelante– están detrás de muchos de los atolladeros planetarios y culturales que estamos experimentando actualmente.<sup>11</sup>

*Estatus y comparación relativa.* La especie humana es social. Todas las personas competimos por el estatus y los recursos. Como organismos biológicos nos preocupamos por el estatus relativo. Históricamente, el estatus estaba relacionado con la consecución de recursos para el clan, el liderazgo, el respeto, la narración oral, la ética, la compartición y la comunidad.<sup>12,13</sup> Pero en la cultura moderna competimos por el estatus con bienes intensivos en recursos (coches, casas, vacaciones, aparatos electrónicos), utilizando el dinero como un vector intermedio.<sup>14</sup> Pese a que la mayoría de las personas que conforman el 20% más pobre en las economías avanzadas dispone de un estilo de vida más rico desde el punto de vista material que la clase media de 1900, la clasificación de cada persona según sus ingresos es lo que predice la satisfacción vital, y no sus ingresos absolutos.<sup>15</sup> Para quienes no son “ganadores”, la falta de estatus percibido lleva a la depresión, al alcoholismo, al acopio de armas de fuego y otros comportamientos nocivos.<sup>16, 17</sup> *Una vez que las necesidades bá-*

**En la cultura moderna competimos por el estatus con bienes intensivos en recursos, utilizando el dinero como un vector**

<sup>10</sup> J.H. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby, «The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture», en J.H. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby (eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, Oxford University Press, Nueva York, 1992.

<sup>11</sup> P. Whybrow, *American Mania: When More Is Not Enough*, W.W. Norton and Company, Nueva York, 2013.

<sup>12</sup> J. Gowdy, *Limited Wants Unlimited Means: A Reader On Hunter-Gatherer Economics and The Environment*, Island Press, Washington DC, 1998.

<sup>13</sup> C.R. von Rueden, A.V. Jaeggi, «Men's status and reproductive success in 33 nonindustrial societies: effects of subsistence, marriage system, and reproductive strategy», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, núm. 113, 2016, pp. 10824-10829.

<sup>14</sup> S. Erk, M. Spitzer, A.P. Wunderlich, L. Galley y H. Walter, «Cultural objects modulate reward circuitry», *Neuroreport*, núm. 13, 2002, pp. 2499-2503.

<sup>15</sup> C.J. Boyce, G.D.A. Brown y S.C. Moore, «Money and happiness: rank of income, not income, affects life satisfaction», *Psychological Science*, núm. 21, 2010, pp. 471-475.

<sup>16</sup> S.V. Katikireddi, E. Whitley, J. Lewsey, L. Gray y A.H. Leyland, «Socioeconomic status as an effect modifier of alcohol consumption and harm: analysis of linked cohort data», *Lancet Public Health*, núm. 2, 2017, pp. e267-e276.

<sup>17</sup> F.C. Mencken y P. Froese, «Gun culture in action», *Social Problems*, núm. 66, 2019, pp. 3-27.

*sicas están satisfechas, estamos más predispuestos a reaccionar a la comparación de “mejor / peor” que a la de “un poco / un mucho”.*

*Estímulos supranormales y adicción.* En nuestro entorno ancestral, las vías mesolímbicas de la dopamina estaban vinculadas a la motivación, la acción y la recompensa (calórica). La tecnología moderna y la abundancia pueden secuestrar esos mismos circuitos de la recompensa. El cerebro de un *trader* bursátil vendiendo unas acciones a un buen precio aparece activado en una imagen por resonancia magnética igual que el de un chimpancé (y cabe suponer que el de nuestros ancestros lejanos) cuando encuentra un fruto. Pero cuando estamos comprando o vendiendo acciones en bolsa, jugando a videojuegos o construyendo centros comerciales, no hay una señal instintiva de “saciedad” en los cerebros modernos, así que nos convertimos en adictos a la “recompensa inesperada” del siguiente encuentro, episodio o correo electrónico, a un ritmo cada vez mayor.<sup>18,19</sup> Nuestro cerebro necesita flujos (sentimientos) que hoy en día satisfacemos sobre todo usando *stocks* no renovables. *En la cultura moderna rica en recursos, “de-sear” se convierte en una emoción más fuerte que “tener”.*

*Sesgos cognitivos.* No evolucionamos para tener una visión verídica de nuestro mundo.<sup>20</sup> Pensamos con palabras e imágenes desconectadas de la realidad física. Esta realidad imaginada parece normalmente más real que la ciencia, la lógica y el sentido común. Las creencias que surgen de esta interfaz virtual se convierten en religión, nacionalismo o metas quijotescas como terraformar Marte.<sup>21</sup> Durante la mayor parte de la historia, hemos mantenido los grupos a base de compartir mitos sociales como estos. La falta de creencia en esos mitos llevaba al ostracismo y a la muerte. Las creencias normalmente preceden a las razones que utilizamos para explicarlas y por eso constituyen una fuerza más poderosa que los hechos.<sup>22</sup>

La psicología ha identificado cientos de sesgos cognitivos con los que los comportamientos humanos comunes se desvían de la racionalidad económica, por

<sup>18</sup> N. Hagens, «The Psychological Roots of Resource Overconsumption», *Fleeing Vesuvius*, 2011, disponible en <http://fleeingvesuvius.org/2011/05/10/the-psychological-roots-of-resource-overconsumption/>.

<sup>19</sup> W. Schultz, P. Dayan y P.R. Montague, «A neural substrate of prediction and reward», *Science*, núm. 275, 1997, pp. 1593-1599.

<sup>20</sup> J.T. Mark, B.B. Marion y D.D. Hoffman, «Natural selection and veridical perceptions», *Journal of Theoretical Biology*, núm. 266, 2010, pp. 504-515.

<sup>21</sup> Y.N. Harari, «Yuval Noah Harari extract: “Humans have always lived in the age of post-truth. We’re a post-truth species”», *The Guardian*, 5 de agosto de 2018, disponible en: <https://www.theguardian.com/culture/2018/aug/05/yuval-noah-harari-extract-fake-news-sapiens-homo-deus>.

<sup>22</sup> M. Gazzaniga, *Who’s in charge?: Free will and the science of the brain*, Ecco, Nueva York, 2012.

ejemplo: el razonamiento motivado, el pensamiento de grupo, el sesgo de autoridad, el efecto espectador, etc. La racionalidad procede de una parte reciente de nuestro cerebro, que aún está dominada por las estructuras cerebrales más primitivas, intuitivas y emocionales del sistema límbico. La economía moderna parte del supuesto de que el cerebro racional es el que manda, pero no es así. Si a esto le unimos nuestra naturaleza tribal, endogrupal, es comprensible que las *fake news* surtan efecto, y que las personas rechacen las ideas incómodas relacionadas con los límites del crecimiento, el descenso energético y el cambio climático. La evolución selecciona según lo más apto, no lo más cierto.<sup>23</sup> Por lo general, solo valoramos la verdad si nos ofrece una recompensa a corto plazo. *La racionalidad es la excepción, no la regla.*

*Sesgo temporal (tasas de descuento abruptas).* Por varias razones evolutivas de peso (corta esperanza de vida, riesgo de expropiación de alimento, medio ambiente inestable, etc.) nos preocupamos desproporcionadamente más por el presente que por el futuro, algo que los economistas miden mediante la “tasa de descuento”.<sup>24</sup> Cuanto más abrupta es la tasa de descuento, más “adicta al presente” es la persona.<sup>25</sup> Las personas que se drogan y beben alcohol, las que tienen prácticas de riesgo, las que poseen un bajo coeficiente intelectual, o las que tienen cargas de trabajo cognitivo elevadas, así como los hombres (en comparación con las mujeres) tienden a descontar más bruscamente los sucesos o asuntos futuros.<sup>26</sup>

**Por razones evolutivas nos preocupamos desproporcionadamente más por el presente que por el futuro**

Por desgracia, la mayoría de nuestros retos modernos están ubicados “en el futuro”. Reconocer que el futuro existe y que nosotros somos parte de él es algo que surge de una estructura cerebral relativamente moderna: el neocórtex. No tiene una conexión directa con los centros motivacionales del cerebro profundo que comunican urgencia. Cuando se le pide a alguien que planifique un tentempié para la *siguiente* semana, eligiendo entre chocolate o fruta, elige fruta el 75% de

<sup>23</sup> D. Hoffman, *The Case Against Reality: Why Evolution Hid the Truth From Our Eyes*, W.W. Norton & Co., Nueva York, 2019.

<sup>24</sup> N. Hagens y H. Kunz, «Applying Time to Energy Analysis», *The Oil Drum*, 2010, disponible en <http://theoil Drum.com/node/7147>.

<sup>25</sup> D. Laibson, A. Repetto y J. Tobacman, «Estimating Discount Functions With Consumption Choices Over the Lifecycle», *Social Science Research Network*, Rochester, NY, 2007.

<sup>26</sup> C.F. Chabris, D.I. Laibson y J.P. Schuldt, «Intertemporal choice» en S.N. Durlauf, L.E. Blume (Eds.), *Behavioural and Experimental Economics*, The New Palgrave Economics Collection, Palgrave Macmillan, Londres, 2010, pp. 168-177.

las veces. Cuando hay que elegir el tentempié para *hoy*, el 70% escoge el chocolate. Si hay que elegir una película para ver la próxima semana, el 63% elige un documental educativo pero cuando hay que elegir una película para *esta noche*, el 66% escoge una comedia o una película de ciencia-ficción.<sup>27</sup> Tenemos grandes intenciones para el futuro, hasta que el futuro se convierte en presente. Nuestro neocórtex puede imaginar los asuntos a largo plazo como el cambio climático o el agotamiento de la energía, pero somos emocionalmente ciegos a ellos. *Desde el punto de vista emocional, el futuro no es real.*

*Cooperación y comportamiento grupal.* El comportamiento grupal ha contribuido a nuestra configuración tanto como el comportamiento individual.<sup>28</sup> Los humanos somos muy “grupales”<sup>29</sup> y antes de la agricultura éramos intensamente igualitarios.<sup>30,31</sup> Las tribus históricas que podían actuar como una unidad cohesiva al enfrentarse a una amenaza común tenían una fuerte ventaja competitiva con respecto a las tribus que carecían de esa cohesión social. Como consecuencia, hoy en día formamos endogrupos y exogrupos con suma facilidad y rapidez y nos comportamos de manera favorable y antagónica, respectivamente, hacia ellos. También estamos predispuestos para cooperar con nuestro endogrupo, ya sea en un pequeño negocio, en una empresa grande, o incluso en un estado-nación, para obtener un excedente monetario (o, en tiempos más antiguos, físico). *Yo por encima de Nosotros, Nosotros por encima de Ellos.*

*Evolución cultural, ultrasocialidad y el Superorganismo.*

Lo que pasó a comienzos del 1500 fue excepcional de verdad, algo que no había ocurrido nunca ni volverá a ocurrir. Dos experimentos culturales, desarrollados con independencia el uno del otro a lo largo de 15.000 años o más, se encontraban por fin cara a cara. Pero lo más sorprendente es que después de tanto tiempo, cada uno fuese capaz de entender las instituciones del otro. Cuando Cortés desembarcó en México encontró calles, canales, ciudades, palacios, escuelas, tribunales, mercados, obras de riego, reyes, sacerdotes, templos, campesinos, artesanos, ejércitos, astrónomos, mer-

<sup>27</sup> D.J. Read, G. Loewenstein y S. Kalyanaraman, «Mixing Virtue and Vice: Combining the Immediacy Effect and the Diversification Heuristic», *Journal of Behavioral Decision Making*, 12 (4), 1999.

<sup>28</sup> D.S. Wilson y E.O. Wilson, «Rethinking the theoretical foundation of sociobiology», *Quarterly Review of Biology*, núm. 82, 2008, pp. 327-348.

<sup>29</sup> J. Haidt, *The Righteous Mind: Why Good People Are Divided by Politics and Religion* (Reimpresión), Vintage, Nueva York, 2013.

<sup>30</sup> E. Pennisi, «Our egalitarian Eden», *Science*, 344 (6186), 2014, pp. 824-825.

<sup>31</sup> C. Boehm *et al.*, «Egalitarian Behavior and Reverse Dominance Hierarchy», *Current Anthropology*, 34 (3) (1993), pp. 227-254, disponible en: <https://www.unl.edu/rhames/courses/current/readings/boehm.pdf>



caderes, y también deportes, teatro, arte, música y libros. Civilizaciones avanzadas, diferentes en los detalles, pero parecidas en lo esencial, habían evolucionado independientemente en confines separados de la Tierra.<sup>32</sup>

La ultrasocialidad se refiere a las organizaciones animales más sociales, con división de labores a tiempo completo, especialistas que no recolectan comida sino que son alimentados por otros, intercambio efectivo de información sobre las fuentes de alimento y de peligro y autosacrificio en favor de la defensa colectiva.<sup>33 34</sup>

Los seres humanos somos una de las pocas especies extremadamente sociales. Por nuestro fenotipo somos primates, pero por nuestro comportamiento nos parecemos más a los insectos sociales.<sup>35</sup> Nuestra ultrasocialidad nos permite funcionar a escalas mucho mayores que como individuos. A escalas mayores, la evolución cultural se produce a un ritmo mucho más rápido que la evolución genética.<sup>36</sup> Por medio de la evolución cultural que comenzó con la agricultura, los humanos nos hemos convertido en una civilización mundial interconectada, “desplazando” otros modelos económicos humanos por el camino, para convertirnos *de facto* en un “superorganismo”.<sup>37</sup> Un superorganismo puede definirse como “una colección de agentes que pueden actuar en concierto para producir fenómenos regidos por el colectivo”.<sup>38</sup> Por medio de la cooperación (y de la coordinación), la adecuación se trasfiere de los niveles más bajos de la organización a los más altos.<sup>39</sup> Las necesidades de esta entidad de nivel superior (hoy en día para los humanos, la economía mundial) moldean el comportamiento, la organización y las funciones de las entidades de nivel más bajo (el comportamiento humano individual).<sup>40</sup> Así, el comportamiento humano queda restringido y

<sup>32</sup> R. Wright, *Breve historia del progreso* (2006 [2004]); N. del T.: La cita corresponde a las pp. 50-51 de la edición en lengua inglesa, y ha sido tomada de la edición española, p. 57, en traducción de J. A. Bravo (Urano, Barcelona, 2006). El resto de citas del ensayo han sido traducidas para la ocasión.

<sup>33</sup> D.T. Campbell, «'Downward causation' in hierarchically organised biological systems» en F.J. Ayala, T. Dobzhansky (Eds.), *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, Macmillan Education, Londres, 1974, pp. 179-186.

<sup>34</sup> N. del T.: Según amable aclaración del autor, la cita original es de Campbell pero el motivo de la doble referencia es que fue popularizada en: J. Gowdy & L. Krall, *op. cit.*

<sup>35</sup> J. Haidt, *op. cit.*

<sup>36</sup> P. Richerson y R. Boyd, «Not By Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution», *Bibliovault OAI Repository*, the University of Chicago Press, 2005.

<sup>37</sup> B. Hölldobler y E.O. Wilson, *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies* (1ª ed.), W.W. Norton & Company, Nueva York, 2008.

<sup>38</sup> K. Kelly, *Out of control: the new biology of machines, social systems, and the economic world*, Perseus Books, Reading, Massachusetts, 1994, p. 98.

<sup>39</sup> R.E. Michod y A.M. Nedelcu, «On the reorganization of fitness during evolutionary transitions in individuality», *Integrative and Comparative Biology*, núm. 43, 2003, pp. 64-73.

<sup>40</sup> S. Kesebir, «The Superorganism Account of Human Sociality: How and When Human Groups Are Like Beehives», *Social Science Research Network*, Rochester, Nueva York, 2011.

modificado por la “causalidad descendente” desde el nivel más alto de organización que existe en la sociedad.<sup>41</sup>

Todas las “irracionalidades” descritas anteriormente han posibilitado que nuestra especie prosperase durante 300.000 años. Lo que ha cambiado no somos “nosotros” sino más bien la organización económica de nuestras sociedades, en paralelo a la tecnología, la escala y el impacto. Desde el Neolítico, la sociedad humana se ha organizado en torno al crecimiento del excedente, que en un principio se medía de forma física (por ejemplo, cereal), y ahora se mide por títulos digitales<sup>42</sup> que nos dan derechos sobre el excedente físico (es decir, dinero).<sup>43</sup> Los atributos humanos positivos como la cooperación han sido cooptados para convertirse en coordinación dirigida hacia la producción de excedentes. Cada vez es más frecuente que el “propósito” de un ser humano moderno en la ultrasocial economía mundial consista en contribuir a la generación de excedente para el mercado (por ejemplo, el valor económico de una vida humana basado en el descuento de los ingresos a lo largo de su vida, la teoría de la productividad marginal del valor del trabajo, etc.).<sup>44</sup>

*Comportamiento humano: resumen.* Nuestro repertorio de comportamientos es amplio, aunque tiene sus fundamentos y restricciones basados en nuestro legado neurológico y en el nivel superior de organización que caracteriza a nuestro sistema económico. Nacemos con módulos heredables preparados para reaccionar al contexto de maneras predecibles. “Quiénes somos” como especie resulta sumamente relevante para las cuestiones de la extralimitación ecológica, la sostenibilidad y nuestras respuestas culturales al respecto.

## Energía

La Economía Ecológica reconoce que las economías reales dependen completamente de la energía. Sin embargo, la teoría económica ortodoxa sigue estando ciega ante esta realidad. Consecuentemente, también están ciegas nuestras instituciones y la ciudadanía. Esta desconexión tiene vastas consecuencias para nuestro futuro, y dada la gravedad del asunto, hay que repetirlo las veces que haga falta.

---

<sup>41</sup> D.T. Campbell, *op. cit.*

<sup>42</sup> N. del T.: A lo largo del texto se utiliza el concepto jurídico de *título* en el sentido de derecho (a un pago) sobre algo.

<sup>43</sup> J. Gowdy y L. Krall, *op. cit.*

<sup>44</sup> J. Gowdy, 2019, en preparación.

*La energía en la naturaleza. La energía es, y siempre será, la moneda de la vida.* La eficacia en la captura de energía es fundamental para los sistemas biológicos. Cualquier movimiento, actividad o suceso que ocurre en la naturaleza, requiere energía. Los organismos utilizan estrategias de búsqueda de alimento que optimizan la ingesta energética con respecto al gasto de energía, ajustadas según el tiempo y el riesgo<sup>45</sup>. Así pues, los organismos biológicos también son *inversores*. Un excedente mayor de energía proporciona a un organismo una ventaja competitiva para el crecimiento, la reproducción, la defensa, la competencia, el mantenimiento y la reparación.<sup>46</sup> Eso mismo es la “energía neta” una vez se han restado los costes energéticos: la que facilita y dirige los sistemas naturales (y los humanos).<sup>47</sup>

**La teoría económica ortodoxa sigue estando ciega ante la dependencia de la energía que tienen las economías reales**

*Energía y potencia. Los sistemas biológicos maximizan la potencia.* El metabolismo es el ritmo al que los organismos consiguen, transforman y gastan energía y materiales.<sup>48,49</sup> La “potencia” es la energía a la que se accede —o que se utiliza— por unidad de tiempo. Los organismos y los ecosistemas se estructuran a sí mismos, de manera natural, para maximizar la potencia mediante el acceso a gradientes de energía. A un roble no le brota una sola hoja (máxima eficiencia) ni, por ejemplo, 100.000 hojas (máxima energía bruta), sino una cantidad intermedia de hojas dispuestas para maximizar la superficie del árbol expuesta al sol para la fotosíntesis.<sup>50</sup> Los sistemas que maximizan la potencia útil suelen desplazar a los que no lo hacen.<sup>51</sup>

*Beneficios energéticos.* Las mayores transiciones en las sociedades humanas en los últimos 10.000 años han estado asociadas a los beneficios de diferentes tipos y disponibilidades de energía.<sup>52</sup>

<sup>45</sup> J.R. Krebs y N.B. Davies (Eds.), *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach* (4ª ed.), Wiley-Blackwell, Nueva Jersey, 1997.

<sup>46</sup> A.J. Lotka, «Natural selection as a physical principle», *Proc Natl Acad Sci USA*, 8 (1922), pp. 151-154.

<sup>47</sup> C.A.S. Hall, *Energy Return on Investment: A Unifying Principle for Biology, Economics, and Sustainability* (1ª ed., 2017), Springer, Nueva York, 2016.

<sup>48</sup> J.H. Brown, J.F. Gillooly, A.P. Allen, V.M. Savage y G.B. West, «Toward a Metabolic Theory of Ecology», *Ecology*, núm. 85, 2004, pp. 1771-1789.

<sup>49</sup> D. Schröter, «Socioecological transitions and global change: trajectories of social metabolism and land use», *Regional Environmental Change*, núm. 9, 2009, pp. 59-60.

<sup>50</sup> E.D. Schneider y J.J. Kay, «Life as a manifestation of the second law of thermodynamics», *Mathematical and Computer Modelling*, 19 (1994), pp. 25-48.

<sup>51</sup> H.T. Odum, «Self-organization and maximum empower», en C.A.S. Hall (Ed.), *Maximum Power: The Ideas and Applications of H.T. Odum*, University Press of Colorado, 1995.

<sup>52</sup> J. Day, C. D'Elia, A. Wiegman, J. Rutherford, C. Hall, R. Lane y D. Dismukes, «The Energy Pillars of Society: Perverse Interactions of Human Resource Use, the Economy, and Environmental Degradation», *Biophysical Economics and Resource Quality*, núm. 3, 2018.

La industrialización cambió la relación histórica de los seres humanos con la captura de energía, al pasar de utilizar los flujos diarios de la naturaleza a utilizar tecnología alimentada por grandes cantidades de energía fósil barata.

Un barril de petróleo crudo permite realizar aproximadamente 1.700 kWh de trabajo. Un trabajador humano puede desarrollar unos 0,6 kWh de trabajo a lo largo de una jornada laboral.<sup>53</sup> Basta la simple aritmética para comprobar que se tardarían 11 años de trabajo humano en realizar el mismo trabajo potencial que contiene un barril de petróleo. Incluso teniendo en cuenta que los humanos somos 2,5 veces más eficientes a la hora de convertir energía en trabajo, la energía de un barril de petróleo sustituye aproximadamente 4,5 años de trabajo físico humano.

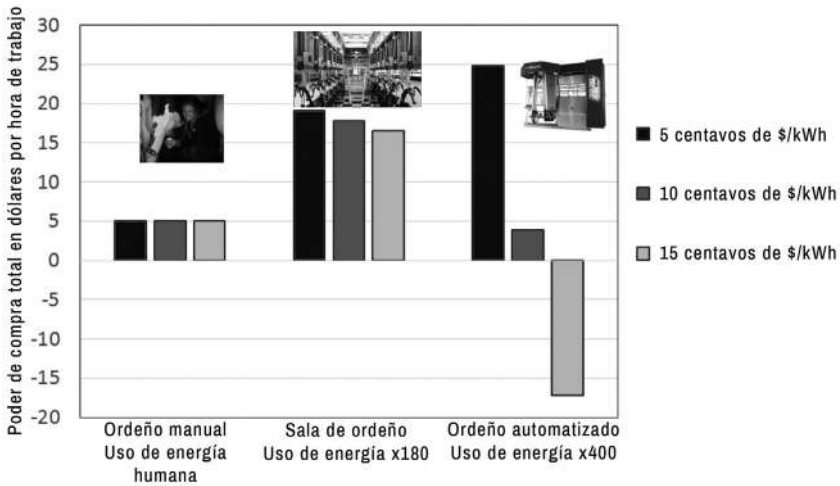
Esta relación energía/trabajo-humano estuvo en la propia base de la Revolución Industrial. La mayoría de los procesos tecnológicos necesitan cientos o miles de calorías de energía fósil para reemplazar cada caloría humana que se utilizaba anteriormente para realizar las mismas tareas de forma manual. Consideremos el ordeño de una vaca utilizando tres métodos (*vid. fig. 2*): manual (solamente la energía del trabajo humano), máquinas ordeñadoras semiautomáticas eléctricas (1.100 kWh por vaca y año), y un ordeño completamente automatizado (3.000 kWh por vaca y año). La persona que ordeña manualmente, trabajando sola, necesita 120 h de trabajo por vaca al año; las máquinas semiautomáticas, 27 h; y la automatización completa, 12 h. Estimemos que la persona que ordeña genera un valor económico de 5 dólares/h trabajando solo. Con las ordeñadoras eléctricas a 0,05 dólares/kWh, se genera significativamente más, y –dado que la electricidad barata sustituye tantas horas de trabajo humano– los ingresos pasan a 19 dólares/h con las semiautomáticas y a 25 dólares/h con las tecnologías de automatización completa. (Nota: este gran beneficio económico podría ir la persona propietaria de la granja lechera, a los empleados o a los consumidores en forma de leche más barata, o a cualquier combinación de estas opciones).<sup>54</sup> Estos mismos principios se extrapolan a la mayoría de los procesos industriales modernos: nos ahorramos trabajo humano y tiempo, gracias a que añadimos grandes cantidades de trabajo fósil barato.<sup>55,56</sup>

---

<sup>53</sup> IIER, «Green Growth - an Oxymoron?», 2011, disponible en: <http://www.iier.ch/content/green-growth-oxymoron>.

<sup>54</sup> N.J. Hagens, «Energía, deuda y el fin del crecimiento», en Worldwatch Institute, *La situación del mundo 2015: Un mundo frágil. Hacer frente a las amenazas a la sostenibilidad*, Icaria/FUHEM Ecosocial, Barcelona, 2015.

<sup>55</sup> C.J. Cleveland, R. Costanza, C.A. Hall y R. Kaufmann, «Energy and the U.S. Economy: a biophysical perspective», *Science*, núm. 225, 1984, pp. 890-897.

**Fig. 2. El impacto de la tecnología + energía barata/cara en los sueldos/beneficios**

Aunque la producción industrial moderna es ineficiente desde el punto de vista energético, es muy eficiente desde el punto de vista de los costes, dado que la energía fósil es mucho más barata que la energía humana. Este es el “subsidio fósil”, que permite que los beneficios, los salarios y los niveles de vida modernos sean considerablemente más altos en comparación con las civilizaciones anteriores basadas en los flujos renovables difusos. El ser humano promedio de 2015 produce 14 veces más PIB que una persona de 1800, y si es estadounidense, ¡48 veces más!<sup>57</sup>. Los habitantes de EEUU, gracias a su subsidio energético, tienen en la actualidad un metabolismo físico de primates de 30 toneladas.<sup>58,59</sup>

No obstante, este maná conlleva un problema. La rentabilidad industrial es vulnerable a los incrementos en el precio de la energía. Tal como indican las barras en gama de grises de la fig. 2, si los costes energéticos se duplican o triplican, las industrias que antes lograban importantes beneficios, pero que necesitaban grandes cantidades de energía dejan de ser rentables (por ejemplo, las líneas aéreas, la fabricación de cemento, la producción de aluminio, etc.). Además, la reducción de los beneficios a raíz de los incrementos del precio de la energía no se puede com-

<sup>56</sup> IIER, *op. cit.*

<sup>57</sup> M. Lindgren, *GDP Per Capita by Purchasing Power Parities for Countries and Territories*, 2011.

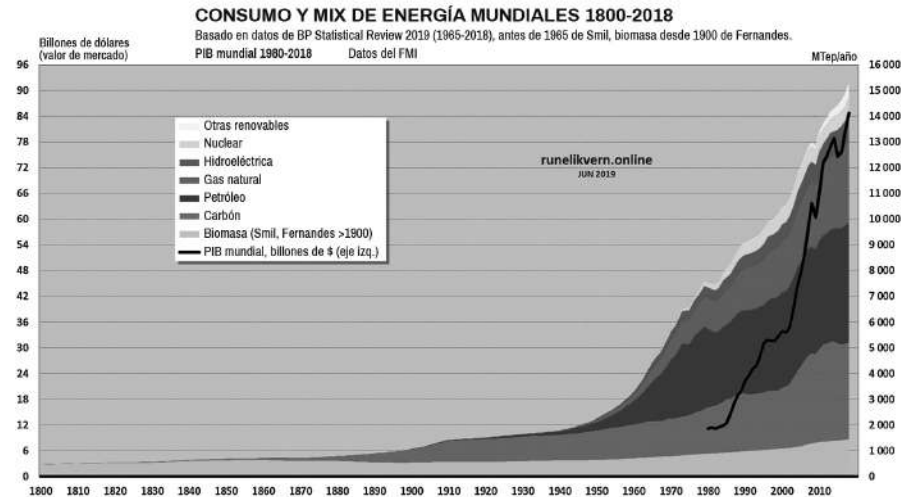
<sup>58</sup> J.H. Brown, «Gasoline and fertility», *Nautilus*, 29 de abril de 2013, disponible en: <http://nautil.us/issue/1/what-makes-you-so-special/gasoline-and-fertility>.

<sup>59</sup> T. Patzek, «Energy throughput defines metabolism of societies», *Life Itself*, 7 de marzo de 2011, disponible en: <https://patzek-lifeitself.blogspot.com/2011/03/energy-flow-and-metabolism-of-societies.html>.

pensar totalmente con mejoras de la eficiencia, porque es el propio modelo de negocio el que está basado en grandes cantidades de energía barata. Estos “beneficios reducidos” como consecuencia de los incrementos en el precio de la energía son un fenómeno que se da en todo el mundo.<sup>60,61</sup>

*Escala de energía.* En 2018 la economía mundial funcionaba a base de una energía constante de 17 billones de vatios, suficiente para alimentar continuamente más de 170.000 millones de bombillas de 100 W. Más del 80% de esta energía, como se aprecia en la fig. 3, procedía de los 110.000 millones de barriles de petróleo equivalentes en forma de hidrocarburos fósiles que alimentan (y están embebidos en) nuestras máquinas, transporte e infraestructura. A razón de 4,5 años/barril, es el equivalente al trabajo de más de 500.000 millones de trabajadores (frente a los cerca de 4.000 millones que existen realmente en la actualidad). La historia económica del siglo XX fue la historia del aporte de la productividad solar prehistórica procedente del subsuelo a la productividad agrícola de la tierra. Estos “ejércitos” fósiles constituyen los cimientos de la economía mundial moderna y realizan su trabajo incansablemente en miles de procesos industriales y vectores de transporte. La transición para abandonarlos, bien por medio de la fiscalidad, bien a causa de su agotamiento, *necesariamente* va a significar menos “beneficios”.

**Fig. 3. Mix energético mundial 1800–2018 (Fuentes: BP 2019, Likvern 2019)**



<sup>60</sup> EIA, «The Cement Industry Is the Most Energy Intensive of All Manufacturing Industries», *Today in Energy*, U.S. Energy Information Administration (EIA), 1 de julio de 2013, disponible en: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=11911>.

<sup>61</sup> M. Kingsley-Jones, «Emirates Begins Parting Out Its A340-500s», *Flight Global*, 2013, disponible en: <https://www.flightglobal.com/news/Articulos/emirates-begins-parting-out-its-a340-500s-390832/>.

*Sustituibilidad energética.* La teoría económica moderna considera que todos los *inputs* son fungibles y sustituibles. Si el precio de un *input* sube demasiado, el mercado generará una alternativa. Sin embargo, la energía hace caso omiso de esta teoría, ya que las diferentes fuentes de energía presentan diferencias críticas en cuanto a su calidad, densidad, almacenabilidad, excedente, transportabilidad, impacto ambiental y otros factores. Así, por ejemplo, existen cientos de procesos industriales de media o alta temperatura (para la fabricación de tejidos, productos químicos, cemento, acero, etc.) que utilizan combustibles fósiles y que no tienen actualmente (ni siquiera en desarrollo) alternativas que empleen tecnología baja en carbono.<sup>62</sup> La energía solo puede sustituirse por una energía de forma/calidad similar.

*Primacía energética.* La energía es tan fundamental que su disponibilidad marca los límites físicos del tamaño de nuestra sociedad. Toda vida, comercio, trabajo o creación de orden, es facilitada y está limitada por la energía neta disponible.<sup>63</sup> A medida que el PIB se incrementa a escala mundial, la energía necesita aumentar al mismo ritmo. Hasta la década de 1970, la energía y el PIB estaban casi perfectamente correlacionados; para que el PIB aumentase un 5% era necesario un incremento del 5% en el consumo de energía.<sup>64</sup> Posteriormente, hubo un breve desacoplamiento en la relación energía/PIB gracias a las mejoras de la eficiencia como resultado de los aumentos de precio en los EEUU por las crisis del petróleo, lo que a su vez dio lugar a la sustitución del uso del petróleo en las centrales eléctricas por la energía nuclear y el gas natural. A mediados de la década de 1980 se comenzó a usar la deuda y la mundialización económica para aumentar el acceso a la energía que se necesitaba para mantener el crecimiento del PIB. Se ha hablado mucho acerca del declive a largo plazo de la intensidad energética. Así, de 1965 a 2012 el número de megajulios utilizados para generar un dólar de PIB mundial se redujo de 11 a 8, lo que pone de relieve que se produjo un desacoplamiento. Sin embargo, si tomamos la media anual durante esos años, la correlación entre energía y PIB se mantuvo en un estrecho 99,4%.<sup>65</sup>

No obstante, como resultado de estas tendencias, la intensidad energética ha mejorado más rápido que la tasa histórica durante las dos últimas décadas del siglo

<sup>62</sup> N. Khanna, D. Fridley, N. Zhou, N. Karali, J. Zhang y W. Feng, «China's Trajectories Beyond Efficiency: CO<sub>2</sub> Implications of Maximizing Electrification and Renewable Resources Through 2050», 2017.

<sup>63</sup> C.A.S. Hall y K.A. Klitgaard, *Energy and the Wealth of Nations: Understanding the Biophysical Economy* (ed. de 2012), Springer, Nueva York, 2011.

<sup>64</sup> C.J. Cleveland, *op. cit.*

<sup>65</sup> Energy & Stuff, «Drivers behind our success: energy and natural resources», *Energy And Stuff*, IIER, 2019 [disponible en: <https://www.energyandstuff.org/en/drivers-behind-our-success-energy-and-natural-resources>].

XX. Se arrinconaron las teorías heterodoxas que vinculan productividad y energía<sup>66</sup> en favor de otras descripciones menos limitadoras de la prosperidad económica humana. Entre 2000 y 2012, la tasa anual de desacoplamiento relativo cayó a un 0,3% anual.<sup>67</sup> Desde entonces, los datos carecen de consistencia debido a los múltiples cambios que se hicieron en los métodos de contabilidad del PIB, pero el principio general sigue siendo válido: para tener más actividad económica, necesitamos más energía.

Hoy en día la energía continúa tratándose como si fuese otro *input* más de nuestro sistema económico: se considera que 10 dólares de gasolina contribuyen de la misma manera al *output* humano que 10 dólares de cartas de Pokemon, a pesar de que: a) se necesita la energía para crear y transformar todos los *inputs* materiales; y b) la energía solo puede ser sustituida por otra energía.

La teoría económica dominante atribuye toda la productividad económica al trabajo humano y al capital y, por tanto, asume que la importancia económica de la energía equivale a su participación en los costes.<sup>68</sup> Sin embargo, el análisis biofísico de

**La energía tiene un papel significativamente mayor en nuestra riqueza y productividad de lo que refleja su parte de coste nominal**

todos los *inputs* de la producción pone de manifiesto que la importancia económica de la energía es sustancialmente mayor que la parte correspondiente a la energía en el factor coste, justo al contrario de lo que sucede con el factor trabajo. Esto quiere decir que la energía tiene un papel significativamente mayor en nuestra riqueza y productividad de lo que señala su parte de coste nominal. En los

casos de Japón y Alemania más del 60% de la productividad económica se debe al *input* energético.<sup>69</sup> La relación es considerablemente mayor si se analiza a nivel mundial,<sup>70</sup> dado que la mundialización nos permite deslocalizar el consumo energético y de recursos lejos de las economías avanzadas.<sup>71</sup> Mediante la utilización de métodos alternativos se destaca que el consumo de energía primaria está unido

<sup>66</sup> M.W. Gilliland, «Energy Analysis and Public Policy: the energy unit measures environmental consequences, economic costs, material needs, and resource availability», *Science*, núm. 189 1975, pp. 1051-1056.

<sup>67</sup> Energy & Stuff, *op. cit.*

<sup>68</sup> R.M. Solow, «Perspectives on growth theory», *Journal of Economic Perspectives*, núm. 8, 1994, pp. 45-54.

<sup>69</sup> R. Kümmel y D. Lindenberger, «How energy conversion drives economic growth far from the equilibrium of neoclassical economics», *New Journal of Physics*, núm. 16, 2014.

<sup>70</sup> R.U. Ayres, J.C.J.M. van den Bergh, D. Lindenberger y B. Warr, «The underestimated contribution of energy to economic growth», *Structure Change and Economic Dynamics*, núm. 27, 2013, pp. 79-88.

<sup>71</sup> Bank of America Merrill Lynch, «Glencore - BAML, 2019 global metals», *Mining & Steel Conference presentation*, Glencore, 2019.



a la riqueza mundial acumulada a través de una constante energética de  $9,7 \pm 0,3$  mW por cada dólar estadounidense de 1990.<sup>72</sup> En lugar de ser un factor insignificante en la productividad, *la energía es, de hecho, el factor principal.*

En la época anterior a la era industrial, todos los teóricos económicos relevantes (incluidos Adam Smith, David Ricardo y otros) utilizaban la tierra y su productividad para describir el ecosistema humano.<sup>73</sup> A medida que la economía mundial se expandía con el subsidio creciente de la energía fósil, la productividad de la tierra y las limitaciones de los *inputs* físicos pasaron a considerarse innecesarios y se acabaron eliminando completamente de la teoría económica. Para cuando llegó la primera crisis energética en la década de 1970, las descripciones macroeconómicas se habían reducido al trabajo y el capital por medio de la función Cobb-Douglas y el residuo de Solow, donde aún permanecen (en general) hoy en día.<sup>74,75</sup> Habíamos creado un modelo de crecimiento infinito en un planeta finito.

*Los economistas ven el capital, el trabajo y la creatividad humana como factores fundamentales y la energía como algo secundario o simplemente inexistente. En realidad, es justo al contrario. Estamos ciegos ante la energía.*<sup>76</sup>

*Energía y tecnología.* La mayoría de los avances tecnológicos modernos no son autónomos sino que funcionan o bien con combustible líquido, o bien con electricidad. Desde el punto de vista biofísico existen dos tipos generales de tecnología. La tecnología de Tipo 1 encuentra maneras de utilizar la energía de manera más eficiente (mejoras en las centrales eléctricas, mayor eficiencia en combustible para vehículos) o *inventa* nuevas fuentes de energía (solar o geotérmica). La tecnología de Tipo 2 consiste en mecanismos que reemplazan el trabajo manual humano (motosierras, coches) o en nuevas formas para que utilicemos la energía (Facebook, Candycrush).

<sup>72</sup> T.J. Garrett, «No way out? The double-bind in seeking global prosperity alongside mitigated climate change», *Earth System Dynamics Discussion*, núm. 3, 2012, pp. 1-17.

<sup>73</sup> B. Warr, «Insead Alumni Energy Network 22nd October 2011 by Benjamin Warr», 2011.

<sup>74</sup> S. Keen, R.U. Ayres, R. Standish, «A note on the role of energy in production», *Ecological Economics*, núm. 157, 2019, pp. 40-46.

<sup>75</sup> J. Santos, T. Domingos, T. Sousa y S. Aubyn, «Useful exergy is key in obtaining plausible aggregate production functions and recognizing the role of energy in economic growth: Portugal 1960–2009», *Ecological Economics*, núm. 148, 2018, pp. 103-120.

<sup>76</sup> Algunas personas dedicadas a la investigación biofísica llevan el papel de la energía en la función de producción demasiado lejos, hasta una completa "teoría energética del valor". Aunque el capital y el trabajo son ambas variables dependientes de la energía, son las dos esenciales por derecho propio. Si no tienes suficiente capital (esto es, fábricas), puedes quemar tanto petróleo y carbón como quieras, pero no obtendrás producción. Y si no tienes mano de obra formada para hacer el trabajo, obtendrás una pobre productividad de los recursos.

En la actualidad el Tipo 2 domina el campo de las invenciones tecnológicas y aumenta la demanda total de energía a nivel mundial.<sup>77</sup> Una tecnología como “la nube” no es realmente “virtual”. Los ordenadores y los teléfonos móviles (incluidos los servidores y las redes) consumen más del 15% de la electricidad mundial, cifra que se verá incrementada con el advenimiento de la 5G.<sup>78</sup>

La tecnología es una expresión de la energía disponible que podemos explotar.<sup>79</sup> Lo que denominamos “progreso tecnológico” en un momento dado, es principalmente el desarrollo de la base de capital para soportar un flujo cada vez mayor de energía disponible en un momento posterior. Con el crecimiento del PIB como meta global, la energía extra permite que haya más invenciones que, a su vez, hacen que la economía se torne más compleja. Es más: para una mayor complejidad social/tecnológica es necesario un mayor consumo de energía, lo cual da lugar a la *espiral de la complejidad energética*.<sup>80</sup>

*Agotamiento energético*. Por medio de la fotosíntesis, en la batería de la Tierra se fueron cargando poco a poco millones de años de biomasa viviente almacenados como hidrocarburos. Estamos descargando esa batería de carbono 10 millones de veces más rápido de lo que se cargó.<sup>81</sup> Las estimaciones del petróleo y el gas natural que quedan difieren de manera importante,<sup>82</sup> pero el petróleo barato y de alta calidad, a escala, ya se ha encontrado y explotado en su mayor parte.<sup>83,84</sup>

La parte izquierda de la fig. 4 expresa una interpretación confusa pero común de la actual producción<sup>85</sup> de petróleo en los EEUU. Gracias a distintos avances tec-

---

<sup>77</sup> K. De Decker, «Bedazzled by Energy Efficiency», *Low-Tech Magazine*, 2018, disponible en: <https://www.lowtechmagazine.com/2018/01/bedazzled-by-energy-efficiency.html>.

<sup>78</sup> A.S.G. Andrae y T. Edler, «On global electricity usage of communication technology: trends to 2030», *Challenges*, núm. 6, 2015, pp. 117-157.

<sup>79</sup> P. Brockway, *Peak Exergy and the Exergy Multiplier Effect: Results and Implications of 1900-2010 Exergy Efficiency Studies for the UK, US and Japan*, International Energy Workshop, 2013.

<sup>80</sup> J.A. Tainter y T. Patzek, *Drilling Down: The Gulf Oil Debacle and Our Energy Dilemma*, Springer, Nueva York, 2012.

<sup>81</sup> J.R. Schramski, D.K. Gattie y J.H. Brown, «Human domination of the biosphere: rapid discharge of the earth-space battery foretells the future of humankind», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, núm. 112, 2015, pp. 9511-9517.

<sup>82</sup> S. Mohr, J. Wang, G. Ellem, J. Ward y D. Giurco, «Projection of world fossil fuels by country», *Fuel*, núm. 141, 2015.

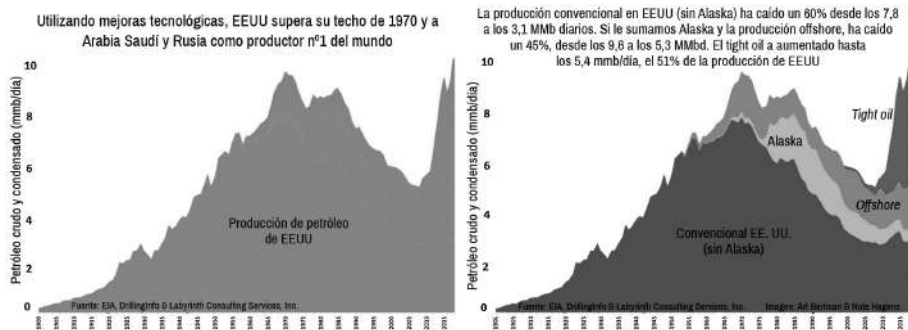
<sup>83</sup> K. Fustier, G. Gray, C. Gunderson y T. Hilboldt, «Global oil supply. Will mature field declines drive next supply crunch?», *HSBC Global Research*, 2016.

<sup>84</sup> M. Masnadi y A. Brandt, «Energetic productivity dynamics of global super-giant oilfields», *Energy and Environmental Science*, 10 (1493), 2017.

<sup>85</sup> N. del T.: Respetamos la terminología del autor a lo largo de todo el texto, aunque en rigor se trata de extracción y no de producción.

nológicos, los EEUU se han convertido en el principal productor de petróleo del mundo. Da la falsa impresión de que la tecnología ha triunfado sobre el agotamiento, haciendo que el petróleo sea abundante y, por tanto, que ya no sea un riesgo para el crecimiento futuro. Sin embargo, la realidad se representa de manera más exacta en la parte derecha, donde, en conjunto, se observa que las fuentes de petróleo no procedentes de lutitas (o esquistos) disminuyen de forma continua. La pequeña subida en la producción total se debe al petróleo de roca compacta (*tight oil*), que recientemente pasó a ser el 52% del total de la producción. El petróleo de roca compacta se encuentra en la roca madre donde se originó el resto del petróleo; sus costes económicos y ecológicos son elevados y se agota rápidamente (hasta un 90% en los tres primeros años). Un pozo nuevo típico necesita un equipamiento complejo, 1.200 camiones cisterna de agua, 100 vagones de tren cargados de arena y entre 8 y 10 millones de dólares en costes de perforación y finalización.<sup>86</sup> Esto explica por qué el índice estadounidense de precios al productor de pozos de petróleo y gas aumentó un 350% entre 2005 y 2014.<sup>87</sup>

Fig. 4. Producción de petróleo en los EE. UU.: 1900–2018.



A lo largo de este periodo, el precio de mercado del petróleo no ha ido aumentando con el coste de extracción. Desde el tercer cuatrimestre de 2014, las inversiones de capital en proyectos de lutitas han excedido el flujo de tesorería durante 19 cuatrimestres consecutivos.<sup>88</sup> A causa de las agudas tasas de declive de los cam-

<sup>86</sup> T. Robinson, *Frac Sand – New Volume Impact*, Frac Sands Conference, 2014.

<sup>87</sup> U.S. Bureau of Labor Statistics, *Producer Price Index by Industry: Drilling Oil and Gas Wells: Drilling Oil, Gas, Dry, or Service Wells (DISCONTINUED)*, Federal Reserve Bank of St. Louis (FRED), 2018, disponible en: <https://fred.stlouisfed.org/series/PCU21311121311101>.

<sup>88</sup> S. Rassenfoss, «Oilfield Flares Provide a Glaring Reminder of the Drive To Produce More Oil», 2019, disponible en: <https://www.spe.org/en/hsenow/hse-now-Artículo-page/?art=5573>.

pos existentes (tanto de lutitas como convencionales), la Agencia Internacional de la Energía afirma que sin nuevas perforaciones, la producción de petróleo mundial podría verse recortada a la mitad para 2025 y a tan solo el 15% de los niveles actuales para 2040.<sup>89</sup> No cabe duda de que, efectivamente, se va a invertir en nuevos campos de petróleo, pero para ello será necesario que el petróleo tenga un precio más alto, lo que conllevará un menor crecimiento económico (vid. fig. 2, columnas grises).

La proporción de la energía en el total de los costes de nuestra economía, tras cinco siglos de descenso, tocó fondo en 1999 y desde entonces se ha estado incrementando.<sup>90</sup> Cuando es necesario invertir más energía, materiales y dinero para obtener energía, la economía sufre al verse redirigida o drenada la riqueza discrecional.<sup>91</sup> La batería geológica de la Tierra, cargada con carbono energéticamente denso, no es ilimitada, y ya hemos encontrado y utilizado su parte más barata y accesible. En comparación con lo que sucedía en 2008, los debates acerca de la escasez de petróleo y del “cénit del petróleo” (*peak oil*) han pasado a centrarse en el “cénit de la demanda” y en la electrificación del transporte como soluciones. Con todo, la energía neta de las reservas restantes, su viabilidad económica, y la capacidad de la sociedad para asignar el capital necesario para recuperaras siguen siendo cuestiones centrales.<sup>92</sup>

*Lejanía energética.* Existen obstáculos energéticos, de tiempo, de materiales y de complejidad que nos separan de las cosas que deseamos y necesitamos. Nuestro subsidio natural de yacimientos minerales concentrados está en declive, así como el subsidio natural de los hidrocarburos fósiles. No estamos ante “el fin” del petróleo, del cobre o del agua, sino ante un esfuerzo y unos costes necesarios cada vez mayores para extraer estos recursos a partir de yacimientos de menor ley, lo cual repercutirá sobre los beneficios que llegan a la sociedad.

La energía entra en la economía mundial a través de la exploración, la extracción, la transformación de recursos naturales y el transporte. Así pues, la energía está

<sup>89</sup> IEA, *WEO 2018*, International Energy Agency, 2018, disponible en <https://www.iea.org/weo2018/>.

<sup>90</sup> C.W. King, «Comparing world economic and net energy metrics, part 3: macroeconomic historical and future perspectives», *Energies*, núm. 8, 2015, pp. 12997-13020.

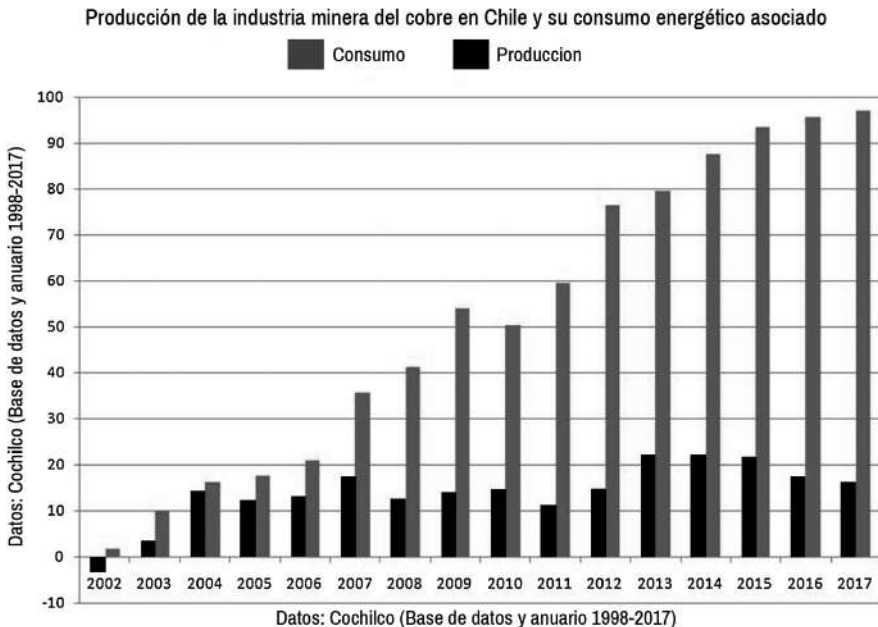
<sup>91</sup> I. Capellán-Pérez, C. de Castro y L.J. Miguel González, «Dynamic Energy Return on Energy Investment (EROI) and material requirements in scenarios of global transition to renewable energies», *Energy Strategy Review*, núm. 26, 2019.

<sup>92</sup> P.E. Brockway, A. Owen, L.I. Brand-Correa, L. Hardt, «Estimation of global final-stage energy-return-on-investment for fossil fuels with comparison to renewable energy sources», *Nature Energy*, núm. 4, 2019, pp. 612-621.

embebida en cada proceso industrial, en cada mineral o material existente en nuestras economías. Las materias primas –como el cobre, el fósforo o el aluminio– son más fáciles de extraer y refinar cuando están concentradas. A medida que la energía se encarece, y agotamos los recursos concentrados y fáciles, la utilización de muchos productos básicos nos queda más “lejos”, se nos hacen “re-motos”, dado que se vuelve más caro encontrarlos y extraerlos.

El cobre es un producto básico industrial que resulta clave para aumentar la escala de las tecnologías basadas en energías renovables, como los vehículos eléctricos.<sup>93</sup> En la fig. 5 aparece la producción anual de cobre en Chile en 2001 (en gris oscuro). La energía total utilizada para procesar la mena y sobrecarga de cobre aparece en gris claro. Los minerales de menor ley necesitan más energía (y agua), lo que permite prever que en la próxima década habrá una menor cantidad de cobre disponible<sup>94</sup> al tiempo que aumenta su demanda.

**Fig. 5. Consumo de energía y producción de cobre (Comisión Chilena del Cobre, 2018)**



<sup>93</sup> A. García-Olivares y J. Ballabrera-Poy, «Energy and mineral peaks, and a future steady state economy», *Technological Forecasting and Social Change*, núm. 90, 2015, pp. 587-598.

<sup>94</sup> Comisión Chilena del Cobre, *Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales 1999–2018*, 2018.

La misma “lejanía energética” tiene lugar en relación con otros recursos clave, como el auga, el litio y los alimentos. Utilizamos aproximadamente 2 calorías de combustible fósil para cultivar una caloría de alimento en nuestro sistema agrícola

**No estamos ante "el fin" del petróleo, del cobre o del agua, sino ante unos costes de extracción cada vez mayores**

moderno, pero llegan a ser entre 8 y 12 calorías fósiles adicionales para la elaboración, el embalaje, el envío, el almacenamiento y el cocinado de la comida moderna.<sup>95</sup> En el mundo natural, eso es insostenible. Los organismos que necesitan más energía para conseguir alimento que la que contiene dicho alimento, no sobreviven. Nosotros nos

libramos de esto porque nuestras instituciones y políticas tratan el subsidio energético de los hidrocarburos fósiles como si fuera el interés y no el capital principal. Todo lo que hacemos se encarecerá si no reducimos el consumo energético de los procesos industriales a un ritmo más rápido que el aumento de los precios.

*Energía y dinero.* La sociedad funciona a base de energía y materiales, pero la mayoría de las personas cree que funciona a base de dinero. Por supuesto, el dinero es la única parte de nuestras economías que no está sujeta a las leyes de la termodinámica, debido a que se crea en forma de deuda sujeta a las leyes matemáticas del interés compuesto.<sup>96</sup> Los bancos comerciales no son intermediarios que prestan el capital existente,<sup>97</sup> sino que más bien crean dinero de la nada al prestarlo<sup>98</sup>. A diferencia de lo que se afirma en los libros de economía, el dinero no se presta a partir de la riqueza existente, sino que *se crea*.<sup>99,100</sup> Este nuevo dinero al final se gasta en algún bien o servicio que contendrá energía embebida. *El dinero es un título sobre la energía, pese a que su creación no está relacionada con la disponibilidad o el coste energéticos.*

*Energía y deuda.* Dado que el dinero es un título sobre la energía,<sup>101</sup> la deuda es, por tanto, un título sobre *futura* energía. Las escuelas de negocios enseñan que

<sup>95</sup> J. Bradford, *The Future is Rural: Food System Adaptations to the Great Simplification*, Post Carbon Institute, Corvallis, Oregon, 2019.

<sup>96</sup> F. Soddy, *Wealth, Virtual Wealth and Debt*, Britons Publishing, 1933.

<sup>97</sup> Z. Jakab y M. Kumhof, «Banks Are Not Intermediaries of Loanable Funds – and Why This Matters» (No. 529), *Bank of England Working Papers*, Bank of England, 2015.

<sup>98</sup> M. McLeay y A. Radia, «Money creation in the modern economy», *Bank of England Quarterly Bulletin*, núm. 14, 2014.

<sup>99</sup> R.A. Werner, «Can banks individually create money out of nothing? – the theories and the empirical evidence», *International Review of Financial Analysis*, núm. 36, 2014, pp. 1-19.

<sup>100</sup> Ament 2019, en preparación.

<sup>101</sup> El dinero es un título (derecho) sobre la energía, los materiales y muchas otras cosas. Pero cada uno de los bienes y servicios que generan PIB necesita alguna conversión energética, de ahí la simplificación de que “el dinero es un título sobre la energía”.

la deuda es neutral con respecto a la estructura del capital, una “transferencia intertemporal de las *preferencias* de consumo”. Así, no se distingue entre el PIB generado con deuda y el generado con dinero en metálico. En una economía con perpetuas oportunidades para crecer, esa premisa podría resultar apropiada. Sin embargo, a lo largo de todos los años transcurridos desde 1965, tanto en los EEUU como a nivel mundial, la deuda ha crecido más que el PIB, lo que hace que la deuda sea, más bien, una “transferencia intertemporal del *consumo*”.

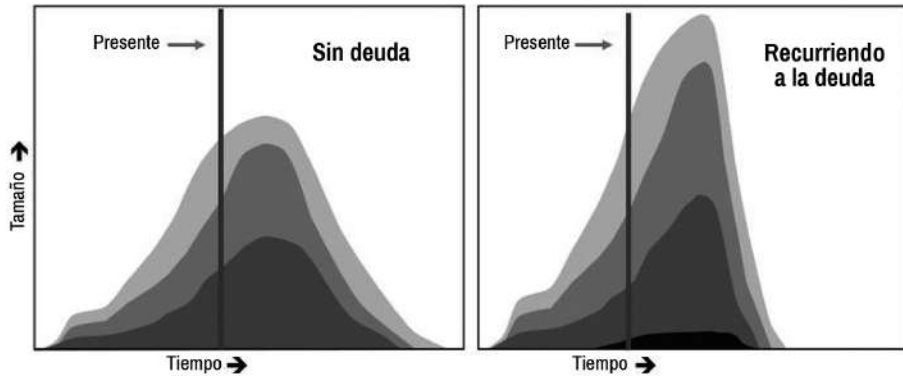
La deuda es un constructo social con consecuencias físicas. En la fig. 6 se puede observar que la deuda arrastra los recursos hacia el presente. En este hipotético campo petrolífero, las zonas con sombreado diferente representan tramos de coste distintos de un mismo recurso petrolífero.<sup>102</sup> Si una empresa obtiene acceso a una financiación barata, puede expandir la perforación a zonas comercialmente marginales siempre y cuando los nuevos prestamistas creen en las perspectivas de futuro. Esa financiación a base de deuda hace posible que la compañía petrolera cree “una pajita más larga”, para extraer nuevo petróleo de alto coste (en negro en el panel de la derecha) y aumentar la producción total del campo.<sup>103</sup> Sin embargo, el resultado son unos declives futuros más bruscos debidos a que el incremento temporal no puede sostenerse: el siguiente tramo disponible para su desarrollo ofrece peores resultados tanto en el pozo como en el resultado financiero, generalmente acompañados de tasas más altas de declive y un petróleo de peor calidad. El petróleo y el gas no convencionales son ejemplos ilustrativos de este fenómeno.<sup>104</sup>

<sup>102</sup> Por definición, no podemos comparar un campo real perforado gracias a la financiación mediante deuda con ese mismo campo en el caso de no utilizar deuda. Sin embargo, un perfil de producción petrolífera depende del ritmo de entrada de capital. Por ejemplo, en 2019, el campo de Bakken necesita unos 750 pozos de 7,5 millones de dólares para compensar el declive del 40,6% que se produce en el primer año, a fin de mantener la producción plana en los niveles actuales, es decir, 5.625 millones de dólares por año (solo en perforación y finalización). Cuanto más crece la producción, más pozos hay que perforar simplemente para compensar el declive (D. Hughes, Shale reality check, manuscrito remitido para publicación, 2019). Es muy dudoso que esto se pudiese hacer sin recurrir a la deuda, y a sus riesgos asociados.

<sup>103</sup> D. Hughes, *op. cit.*

<sup>104</sup> S. Kelly, «Former Shale Gas CEO Says Fracking Revolution Has Been “A Disaster” For Drillers, Investors», *DeSmogBlog*, 2019, disponible en: <https://www.desmogblog.com/2019/06/23/former-shale-gas-ceo-says-shale-revolution-has-been-disaster-drillers-investors>.

**Fig. 6. Producción de un campo petrolífero hipotético recurriendo a la deuda y sin recurrir a ella**



En la fig. 6 no solo se observa la respuesta de la producción de petróleo a la inyección de deuda, sino también la del consumo de las economías en su conjunto. Los recursos de baja entropía (alta concentración, alta calidad) están en la base de nuestra productividad. De este modo, podemos ver la deuda como un instrumento que los humanos utilizamos para acceder a un gradiente de energía y a los bienes y servicios resultantes. La deuda ha sido definida como “falsa energía”.<sup>105</sup> De manera más precisa, la deuda traslada energía y consumo reales desde el futuro, al presente, de un modo insostenible. No obstante, sí que es falsa en el sentido de que, para devolverla, tenemos que devolver también la energía. Se podría decir que esta cantidad de energía (y el consumo a ella vinculado) es energía “prestada”.

*Energía y bienestar.* A pesar de la creencia generalizada de que somos más felices cuanto más dinero y más energía tengamos, los datos apuntan a que esto, en gran medida, no es cierto. Una vez satisfechas las necesidades básicas, el uso adicional de energía produce un crecimiento más lento del Índice de Desarrollo Humano.<sup>106</sup> Aunque en EEUU se utiliza 20 veces más energía per cápita que en Filipinas, el porcentaje de la ciudadanía que se declara “muy feliz” sigue siendo el mismo.<sup>107</sup>

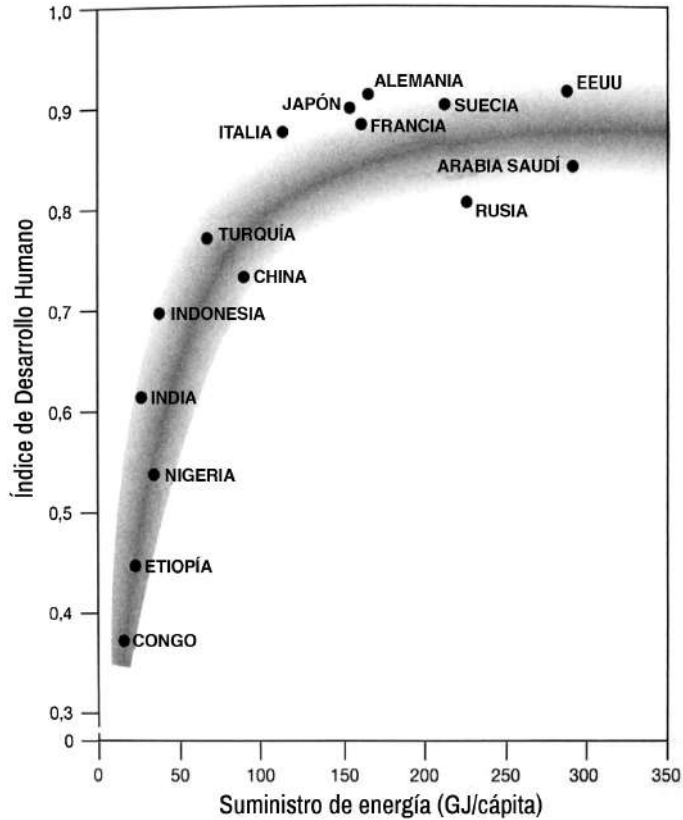
<sup>105</sup> R. Weyler, «Real Wealth: Howard T. Odum's Energy Economics», *Resilience*, 2011, disponible en <https://www.resilience.org/stories/2011-12-18/real-wealth-howard-t-odum%e2%80%99s-energy-economics/>.

<sup>106</sup> V. Smil, *Energy and Civilization: A History*, The MIT Press, 2017.

<sup>107</sup> N. Hagens, «Can We Be Happy Using Less Energy? Uhhh.... YES!», *The Oil Drum*, 2007, disponible en: <http://theoil drum.com/node/2671>.



Fig. 7. Uso de energía per cápita en relación al desarrollo humano



Otros indicadores biofísicos (y psicológicos) permiten hacer un seguimiento del bienestar humano de manera más ajustada que el PIB y el uso de la energía.<sup>108,109</sup> Si disponemos de estructuras de apoyo social, se pueden superar numerosas dificultades físicas.<sup>110</sup> Una vez que las necesidades básicas están cubiertas, las mejores cosas de la vida son gratuitas.

“Externalidades” y energía. La sociedad sigue estando ciega ante la energía, pero sí que nos estamos dando cuenta rápidamente de las consecuencias negativas

<sup>108</sup> J.G. Lambert, C.A.S. Hall, S. Balogh, A. Gupta y M. Arnold, «Energy, EROI and quality of life», *Energy Policy*, núm. 64, 2014, pp. 153-167.

<sup>109</sup> J. Roy, A.M. Dowd, A. Muller, S. Pal, N. Prata y S. Lemmet, «Lifestyles, Well-being and energy», en T.B. Johansson, N. Nakicenovic, A. Patwardhan, L. Gomez-Echeverri (Eds.), *Global Energy Assessment (GEA)*, Cambridge University Press, Cambridge, 2012, pp. 1527-1548.

<sup>110</sup> M. Venniro, M. Zhang, D. Caprioli, J.K. Hoots *et al.*, «Volitional social interaction prevents drug addiction in rat models», *Nature Neuroscience*, núm. 21 2018, pp. 1520-1529.

de la empresa humana mundial.<sup>111</sup> Entre los efectos negativos para los seres humanos cabe citar: la pérdida de suelo fértil, los disruptores endocrinos,<sup>112</sup> el descenso del número de espermatozoides,<sup>113</sup> el aumento de la desigualdad, el desabastecimiento de agua,<sup>114</sup> la caída de los ingresos medios (en el mundo desarrollado),<sup>115</sup> el populismo, la depresión,<sup>116</sup> la preocupación ante el futuro, y los riesgos geopolíticos. Los impactos negativos para el mundo natural incluyen: los riesgos del CO<sub>2</sub> para el clima<sup>117</sup> y para los ecosistemas,<sup>118</sup> la acidificación de los océanos, la pérdida de los corales y otros impactos sobre los océanos,<sup>119,120,121,122</sup> la deforestación, el descenso de la población de insectos,<sup>123,124</sup> el descenso de la población de aves,<sup>125</sup> la extinción de primates,<sup>126</sup> el descenso de las poblaciones de mamíferos (salvajes),<sup>127</sup> los plásticos en los océanos,<sup>128,129</sup> los microplásticos y los ftalatos trasladados por medio de la atmósfera,<sup>130,131</sup> la pérdida de bosques, y

<sup>111</sup> R. Weyler, «Does Human Scale Matter?», *Greenpeace*, 2018, disponible en: <https://www.greenpeace.org/international/story/15239/does-human-scale-matter>.

<sup>112</sup> D. Fischer, «EU Parliament on Endocrine-disrupting Compounds: Time to Act», *EHN*, 2019, disponible en: <https://www.ehn.org/eu-parliament-on-endocrine-disrupting-compounds-act-now-2635005718.html>.

<sup>113</sup> H. Levine, N. Jørgensen, A. Martino-Andrade, J. Mendiola, *et al.*, «Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis», *Hum. Reprod. Update*, núm. 23, 2017, pp. 646-659.

<sup>114</sup> J. Schewe, J. Heinke, D. Gerten, I. Haddeland *et al.*, «Multimodel assessment of water scarcity under climate change», *PNAS*, 111 (2014), pp. 3245-3250.

<sup>115</sup> P. Hannon, «Shrinking middle class threatens global growth, stability», *The Wall Street Journal*, 10 de abril de 2019.

<sup>116</sup> B.H. Hidaka, «Depression as a disease of modernity: explanations for increasing prevalence», *Journal of Affective Disorders*, núm. 140, 2012, pp. 205-214.

<sup>117</sup> M. Oppenheimer, R. Warren, S. Hallegatte, R.E. Kopp *et al.*, «IPCC reasons for concern regarding climate change risks», *Nature Climate Change*, núm. 7, 2017, pp. 28-37.

<sup>118</sup> A.D. Saunders, «Large igneous provinces: origin and environmental consequences», *Elements*, núm. 1, 2005, pp. 259-263.

<sup>119</sup> L. Caesar, S. Rahmstorf, A. Robinson, G. Feulner, V. Saba, «Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation», *Nature*, núm. 556, 2018, pp. 191-196.

<sup>120</sup> S. Schmidtko, L. Stramma, M. Visbeck, «Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades», *Nature*, núm. 542, 2017, pp. 335-339.

<sup>121</sup> P.D. Ward, *Under a green sky: global warming, the mass extinctions of the past, and what they can tell us about our future*, Harper Perennial, 2008.

<sup>122</sup> A. Yeo, «Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants», *Scientia Horticulturae*, núm. 78 1998, pp. 159-174.

<sup>123</sup> C.A. Hallmann, M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel *et al.*, «More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas», *PLoS One*, núm. 12, 2017.

<sup>124</sup> F. Sánchez-Bayo, K.A.G. Wyckhuys, «Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers», *Biological Conservation*, núm. 232, 2019, pp. 8-27.

<sup>125</sup> T. Allinson, *State of the World's Birds: Taking the Pulse of the Planet*, Birdlife International, 2018, disponible en: [https://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/BL\\_ReportENG\\_V11\\_spreads.pdf](https://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/BL_ReportENG_V11_spreads.pdf).

<sup>126</sup> A. Estrada, P.A. Garber, A.B. Rylands, C. Roos *et al.*, «Impending extinction crisis of the world's primates: why primates matter», *Science Advances*, núm. 3, 2017.

<sup>127</sup> Y.M. Bar-on, R. Phillips y R. Milo, «The biomass distribution on Earth», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, núm. 115, 2018, pp. 6506-6511.

<sup>128</sup> M. Eriksen, L.C.M. Lebreton, H.S. Carson, M. Thiel, *et al.*, «Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea», *PLoS One*, núm. 9, 2014.

<sup>129</sup> A.A. Koelmans, T. Gouin, R. Thompson, N. Wallace, C. Arthur, «Plastics in the marine environment», *Environmental Toxicology and Chemistry*, núm. 33, 2014, pp. 5-10.

<sup>130</sup> Jamieson *et al.*, n.d.

<sup>131</sup> A. Lenoir, R. Boulay, A. Dejean, A. Touchard, V. Cuvillier-Hot, «Phthalate pollution in an Amazonian rainforest», *Environmental Science and Pollution Research*, núm. 23, 2016, pp. 16865-16872.

el riesgo general de una Sexta Extinción Masiva.<sup>132,133</sup> Todas las personas que leen publicaciones como esta son conscientes de los efectos sociales y ecológicos de la actividad económica “externa” al sistema de precios de mercado. Lo que facilita y empeora la mayoría de dichos efectos es la energía barata, pero en realidad son absolutamente inherentes a una economía basada en los combustibles fósiles.

*Energía: resumen.* El altísimo crecimiento del PIB durante el siglo XX estuvo estrechamente relacionado con un consumo también disparado de hidrocarburos fósiles. Aun así, la sociedad no reconoce esas conexiones puesto que mezclamos el coste en dólares de la extracción energética (muy pequeño) con el valor del trabajo (enorme). La energía solo se puede sustituir por otra energía de calidad similar. De manera cada vez más notoria, la tecnología avanzada se logra *a base de energía*, y la mayoría de los avances tecnológicos incrementan la demanda futura de energía. Podemos (por el momento) imprimir fácilmente dinero, pero no podemos imprimir energía para darle valor. Tan solo podemos desarrollar nuevas fuentes o extraer lo que existe con más rapidez, o aprender a usarlo más eficientemente. Hemos disimulado el descenso ya visible en las tasas de crecimiento energético y de la calidad de los recursos a base de recurrir a cantidades apabullantes de crédito. La teoría económica moderna pasa por alto o subestima la mayoría de estas cuestiones, y otro tanto hacen nuestras instituciones, políticas y planes. En el futuro, la cantidad, la calidad y el coste de la energía dictarán qué tipo de sistemas humanos serán posibles. Hasta entonces, la energía sigue resultándonos invisible.

**Podemos (por el momento) imprimir fácilmente dinero, pero no podemos imprimir energía para darle valor**

## Síntesis

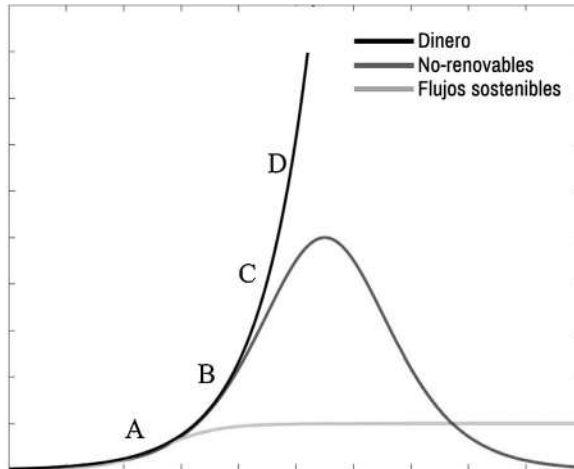
En la fig. 8 se presenta (aunque no a escala) una conceptualización de estos últimos siglos y de los próximos. La línea en gris más claro representa los niveles sostenibles de flujo a disposición de la humanidad que alcanzaron su límite tecnológico y geográfico en el siglo XIX. La línea en gris medio representa el pulso único e irre-

<sup>132</sup> G. Ceballos, P.R. Ehrlich, A.D. Barnosky, A. García, R.M. Pringle, T.M. Palmer, «Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction», *Science Advances*, núm.1, 2015.

<sup>133</sup> G.C. González, R.E. Ornstein, R. Dirzo, «Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, núm. 114, 2017.

petible de los recursos naturales no renovables que han servido de *input* a las economías humanas (petróleo, gas, cobre, etc.). La línea negra representa los mercados financieros (dinero, crédito, etc.) del capital primario subyacente.

**Fig. 8. Seres humanos y acceso a los recursos.**



En la era preindustrial, hasta el punto A, la humanidad migró por el planeta accediendo a flujos solares y empleando una tecnología relativamente simple como la agricultura, la navegación a vela, la esclavitud y la fuerza animal. En los albores de la Revolución Industrial (punto B), la humanidad añadió los *stocks* condensados de hidrocarburos a las economías humanas que previamente se basaban en el flujo. No hubo una descripción válida del residuo de Solow (esto es, la parte del crecimiento económico no explicada por el trabajo humano o el capital) durante este periodo porque la línea negra y la gris oscuro seguían la misma trayectoria.

Entre los puntos B y C sufrimos una crisis energética en la década de 1970, que “resolvimos” por medio de: 1) el uso de la deuda para arrastrar el consumo hacia el presente; y 2) la mundialización y la subcontratación hacia las zonas más baratas de producción. Estos cambios permitieron que continuase el crecimiento económico hasta que se dio de bruces con las finanzas convencionales en 2008 (punto C), momento en el cual los bancos centrales y los gobiernos de todo el mundo se vieron obligados, básicamente, a rediseñar todo el sistema financiero. Este nuevo paradigma (aún en vigor) implica medidas tales como las garantías del tipo “demasiado grandes para caer” (*too big to fail*), las tasas de interés artifi-

cialmente bajas (incluso negativas),<sup>134</sup> la expansión cuantitativa (*quantitative easing*), la expansión de los balances de los bancos centrales y varios cambios normativos favorables al PIB.<sup>135</sup> El aumento continuado del crédito a nivel mundial hizo posible: el acceso a tramos más costosos de recursos, la ampliación de los programas sociales, la financiación barata de la energía renovable y un retorno sostenido –si bien tibio– al crecimiento económico desde 2009. Ahora nos estamos dirigiendo hacia el punto D, en el que las representaciones monetarias mundiales de la realidad se siguen desacoplando de la realidad biofísica subyacente (curva gris oscuro).

Desde 2007 hemos hecho crecer nuestra deuda mundial 3,5 veces más rápido que nuestras economías, elevando así la ratio de deuda/PIB mundial por encima del 300%.<sup>136</sup> La mayoría de los expertos institucionales y analistas son conscientes del punto D, pero por culpa de la ceguera cultural ante la energía, no suelen ser conscientes de este punto en relación con la línea gris oscuro, o ni siquiera de que haya una línea gris oscuro. Al final, acabaremos descubriendo que la línea negra (dinero y crédito) también tiene límites, que en última instancia están relacionados con el crecimiento que posibilitan la energía y la disponibilidad y coste de los recursos.

*Humanos → Superorganismo.* Gastamos energía para producir trabajo porque nuestros cerebros buscan estados emocionales similares a los que tenían aquellos de nuestros antepasados que salieron adelante: homeostasis física y emocional, confort, estatus, excitación, relajación, etc., todo ello modulado por hormonas, neurotransmisores y señales endocrinas. Para un monje tibetano, este “estado de confort” podría consistir en estar sentado en silencio todo el día en un banco de madera, pero para la mayoría de los humanos en la cultura consumista moderna, lograr dicho estado emocional significa: comer en un restaurante mejor, comprar un coche mejor, tener aire acondicionado o calefacción, disponer de acceso rápido a Internet, tener un transporte más rápido, etc. Para la mayoría de la gente estas preferencias están muy correlacionadas con dispositivos y procesos que requieren energía. Nuestros antepasados no vivían con Instagram, Fortnite, coches Tesla,

<sup>134</sup> F. Salmon, «The Resurgence of Negative-yielding Debt», *Axios*, 2019, disponible en: <https://www.axios.com/negative-yield-bonds-germany-netherlands-spain-france-257744c2-d9f5-4f79-b2c0-9963b4ed01a1.html>.

<sup>135</sup> L. Alderman, «Sizing Up Black Markets and Red-Light Districts for G.D.P.», *The New York Times*, 9 de julio de 2014.

<sup>136</sup> E. Tiftik, K. Mahmood, S. Gibbs, *Global Debt Monitor. Devil in the Details*, Institute of International Finance, 15 de enero de 2019, disponible en: [https://www.iif.com/Portals/0/Files/Global%20Debt%20Monitor\\_January\\_vf.pdf](https://www.iif.com/Portals/0/Files/Global%20Debt%20Monitor_January_vf.pdf).

comida exótica o Netflix. La adicción a los estímulos y a las comodidades modernos está ligada al consumo de recursos.<sup>137,138</sup>

Además, no elegimos esperar o diferir el consumo o las experiencias. Al contrario, tenemos una marcada preferencia por las experiencias positivas que suceden en el momento presente.<sup>139</sup> Incluso las personas informadas sobre las cuestiones ecológicas evitarán prácticas “sostenibles” con las que consigan las mismas metas pero en las que tengan que invertir más tiempo.<sup>140</sup> Dado que el consumo exige energía, y preferimos (por lo general) la gratificación inmediata, podemos entender la relación existente entre nuestros comportamientos y la potencia (energía/tiempo) en el mundo real.<sup>141</sup> Esta búsqueda de la “potencia” por parte de los individuos, agregada a nivel de la economía, también explica la compulsión por la deuda, que arrastra el consumo material y de energía hacia el presente.

*El Superorganismo: ciego, hambriento y al mando.* Lo que comenzó hace unos 11.000 años con unos cazadores-recolectores que cooperaban para obtener excedente físico de la tierra, se ha trasmutado en una cultura humana conectada a través de todo el planeta que maximiza las representaciones financieras del excedente físico.<sup>142</sup> En su afán por el crecimiento económico, la cultura humana moderna aparece como un superorganismo autoorganizado, sin mente, dedicado a buscar energía, que funciona de un modo similar a una ameba, carente de cerebro, mediante simples tropismos. Pero, ¿por qué? Y ¿cómo?

En la naturaleza, un estornino sigue tres sencillas reglas:<sup>143</sup>

- 1) *Haz lo mismo que tu vecino.*
- 2) *No te acerques demasiado.*
- 3) *Vuela hacia el centro.*

---

<sup>137</sup> N. Hagens, *op. cit.*

<sup>138</sup> S. Ladika, «Technology Addiction», *CQ Researcher*, CQ Press, 2018, disponible en: <http://library.cqpress.com/cqresearcher/cqresrre2018042000>.

<sup>139</sup> N. Hagens, «Applying Time to Energy Analysis», *The Oil Drum*, 13 de diciembre de 2010, disponible en: <http://theoil Drum.com/node/7147>.

<sup>140</sup> I. Penn, «L.A. to Vegas and Back by Electric Car: 8 Hours Driving; 5 More Plugged In», *The New York Times*, 22 de junio de 2019.

<sup>141</sup> N. Hagens & H. Kunz, *op. cit.*

<sup>142</sup> J. Gowdy & L. Krall, *op. cit.*

<sup>143</sup> C.W. Reynolds, «Flocks, herds, and schools: a distributed behavioural model», *Computer Graphics*, 21(4), julio de 1987, pp. 25-34.

Cuando decenas de miles de estorninos siguen estas sencillas reglas el resultado es un vuelo en bandada, hermoso y complejo, en el cielo. Es un resultado emergente e impredecible a partir de la biología o del comportamiento de los pájaros por separado.

De un modo similar, las “necesidades” del Superorganismo de la economía mundial para crear excedentes provocan comportamientos compatibles como la codicia, el ansia por poseer y comportamientos individuales simplificados. En la actualidad, la mayoría de los humanos modernos –en cuanto individuos– seguimos algo parecido a estas tres reglas:

- 1) *Ejecuta algoritmos de búsqueda óptimos coordinándote con otros humanos (familias, pequeños negocios, grandes empresas, naciones) para conseguir excedente financiero.*
- 2) *Compórtate de una forma tolerable desde el punto de vista cultural.*
- 3) *Gasta el excedente financiero en cosas o experiencias cómodas y divertidas (siempre que sean culturalmente aceptables).*

Así, en una cultura mundial que maximiza el valor del excedente, los cerebros humanos están vinculados al uso de energía por medio de los mandatos “busca el confort” y “evita el dolor”. En conjunto, las economías humanas requieren potencia del mismo modo que los animales ingieren alimentos, o los robles generan hojas.<sup>144</sup> La propiedad emergente de 7.000 millones de seres humanos que viven a diario siguiendo reglas sencillas como estas, es un “Superorganismo” con un metabolismo de 17 TW.<sup>145</sup>

## Consecuencias

Hay varias consecuencias fundamentales que se derivan del funcionamiento efectivo de la humanidad como un superorganismo.

---

<sup>144</sup> H. Odum, *Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy*, Columbia University Press, Nueva York, 2007.

<sup>145</sup> Sigue estando por ver qué impacto tendrán los movimientos contraculturales sobre el Superorganismo. Hasta ahora, los que rechazan el consumo y el irracional comportamiento convencional apenas han tenido efecto sobre el uso global de energía o sobre las emisiones de carbono. Con todo, en el contexto de este artículo, la actividad contracultural también es emergente y puede aún demostrarse útil para redirigir o contestar al Superorganismo.

*Producto Interior Bruto (PIB) → Quema Mundial Bruta (QMB)*. Las leyes de escala en la biología siguen el resultado natural y emergente de las redes: en el caso de los animales, una red de circulación sanguínea que transporta hemoglobina a través del “volumen” del organismo. La Ley de Klieber establece que el metabolismo energético de los animales es proporcional a su masa elevada a  $\frac{3}{4}$ .<sup>146</sup> Se puede relacionar el flujo de petróleo a través de las economías modernas con el flujo sanguíneo en los mamíferos,<sup>147</sup> donde las venas y las arterias de la “esfera” humana serían los nodos mundiales de transporte aéreo, marítimo y por carretera.<sup>148</sup> Prácticamente todas las infraestructuras humanas (gasolineras, superficie ocupada por las carreteras, hospitales, etc.) aumentan su escala utilizando relaciones de alometría biológica similares.<sup>149</sup> Las conexiones (las venas en el caso de los cuerpos, los medios de comunicación sociales, los teléfonos o las autopistas) aumentan su escala aproximadamente hasta la mitad del número de nodos al cuadrado ( $0,5n^2$ ). Cada uno de estos nodos requiere energía para mantenerse y los nuevos nodos necesitan energía para conectarse. La sociedad humana moderna puede, por tanto, ser vista como un macroorganismo cuyo metabolismo energético aumenta hasta el tamaño del PIB mundial elevado a  $\frac{3}{4}$ .<sup>150,151</sup> Los animales más grandes –y las economías más grandes– son más eficientes, razón por la cual su escala no aumenta a razón de 1 a 1.

El crecimiento económico tan solo puede experimentar un “desacoplamiento absoluto” si incrementamos el PIB a la vez que desciende el consumo de energía primaria. El *desacoplamiento relativo* se produce cuando la energía primaria total crece, pero a menor ritmo que el PIB. Desde que comenzó a haber estadísticas de ambas variables en 1965, no ha habido un desacoplamiento absoluto a nivel mundial y apenas se registró un insignificante desacoplamiento relativo (del 0,5%).<sup>152</sup> Entre 2012 y 2017 se dio lo que parecía ser un aumento del desacopla-

<sup>146</sup> A. Thommen, S. Werner, O. Frank, J. Philipp *et al.*, «Body size-dependent energy storage causes Kleiber’s law scaling of the metabolic rate in planarians», *eLife*, 4 de enero de 2019, disponible en: <https://elifesciences.org/articles/38187>.

<sup>147</sup> M. Marder, T. Patzek, S. Tinker, «Physics, fracking, fuel, and the future», *Physics Today*, 69 (7), 2016, disponible en: <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.3236?journalCode=pto&mp>.

<sup>148</sup> F. Kleinschroth, N. Laporte, W.F. Laurance, S.J. Goetz, J. Ghazoul, «Road expansion and persistence in forests of the Congo Basin», *Nature Sustainability*, núm. 2, 2019, pp. 628-634.

<sup>149</sup> G. West, *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*, Penguin Press, Nueva York, 2017.

<sup>150</sup> J.H. Brown, W.R. Burnside, A.D. Davidson, J.P. DeLong *et al.*, «Energetic limits to economic growth», *BioScience*, núm. 61, 2011, pp. 19-26.

<sup>151</sup> T. Patzek, *op. cit.*

<sup>152</sup> M.K. Heun y P.E. Brockway, «Meeting 2030 primary energy and economic growth goals: Mission impossible?», *Applied Energy*, núm. 251, 2019.



miento relativo, pero se debió en gran medida un efecto artificioso debido a que buena parte del PIB correspondía a valores financieros (virtuales), lo cual implica un vínculo energía/economía aun más intenso una vez que el sistema financiero se reajusta.<sup>153</sup> Tampoco la evolución a economías “de servicios” ha reducido la estrecha relación entre el PIB y la energía.<sup>154</sup>

Todos y cada uno de los productos y servicios de la economía mundial (o la de cualquier persona) han comenzado en algún lugar con un pequeño fuego. No podemos desacoplar esta relación básica en términos absolutos,<sup>155</sup> y el desacoplamiento relativo será menor mientras el crecimiento del PIB sea la meta de nuestra cultura. El PIB es un deficiente indicador de nuestro bienestar y progreso cultural. No obstante, es un indicador relativamente adecuado de la cantidad de energía que los humanos quemamos: QMB, la *Quema* Mundial Bruta.

**El PIB es un deficiente indicador de bienestar y progreso, pero un indicador relativamente adecuado de la energía que los humanos quemamos**

En principio, un superorganismo podría ser superinteligente, pero el nuestro no lo es. En la década de 1930 los economistas eligieron el PIB como indicador para hacer un seguimiento de la actividad económica, no como objetivo final. Aun así, casi cien años más tarde, nuestras economías, de manera inconsciente e incansable, persiguen la zanahoria del PIB, a menudo encaminándose a proyectos frívolos que prometen el máximo retorno financiero en el menor tiempo posible. En la actualidad no hay nadie al volante de este autobús de la sociedad, ni los multimillonarios, ni los políticos, ni una cábala secreta.<sup>156</sup> Estamos todos atrapados en el imperativo del crecimiento global, que es inmune a la autocritica. De la misma forma que cada hormiga realiza sus tareas para que la colonia crezca, los humanos hemos subcontratado nuestra individualidad a “la nube”, que carece en sí misma de un cerebro real. Cuantas más personas están implicadas en un proceso o decisión, más se parecen nuestras decisiones a simples tropismos bacterianos que inconscientemente tienden a la adquisición de energía. En las escalas más

<sup>153</sup> Z. Kovacic, M. Spanò, S.L. Piano, A.H. Sorman, «Finance, energy and the decoupling: an empirical study», *Journal of Evolutionary Economics*, núm. 28, 2018, pp. 565-590.

<sup>154</sup> B. Fix, «Dematerialization through services: evaluating the evidence», *Biophysical Economics and Resource Quality*, núm. 4, 2019, p. 6.

<sup>155</sup> J.D. Ward, P.C. Sutton, A.D. Werner, R. Costanza, S.H. Mohr, C.T. Simmons, «Is Decoupling GDP Growth from Environmental Impact Possible?», *PLoS One*, núm. 11, 2016.

<sup>156</sup> D.J. White y N.J. Hagens, «The Maximum Power Principle and the Human Superorganism» en *The Bottlenecks of the 21st Century: Essays on the Systems Synthesis of the Human Predicament*, autopublicado en Amazon, 2019, pp. 162-175.

grandes, la economía mundial se está moviendo de manera muy parecida al vuelo de una bandada de estorninos, siguiendo sencillas reglas emergentes. En el año 2019 de la era actual, el resultado emergente de la vida cotidiana de más de 7.000 millones de homínidos, es un superorganismo en busca de energía, descontrolado, pero hambriento. Este superorganismo no es humano. Es una cosa-en-sí (*Ding an sich*<sup>157</sup>) con sus propios instintos de supervivencia, que se impone a los distintos humanos que la componen.<sup>158</sup>

*Cambio climático y riesgos para los océanos: el metabolismo del Superorganismo.* En la fig. 9 se representan las concentraciones de CO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo. En la gráfica aparecen destacados los mayores esfuerzos para reducir las emisiones. A pesar de dichos esfuerzos, en el año 2018 se registró la mayor quema de energía, las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico de la historia y las concentraciones atmosféricas más altas en más de tres millones de años.<sup>159</sup> Como consecuencia del vínculo directo entre las economías humanas y el “fuego”, y el de este con el carbono, el cambio climático y la acidificación oceánica están –y seguirán estando– directamente relacionadas con el metabolismo de las economías humanas. Una constatación fundamental en el Quinto Informe de Evaluación (IE5) [del IPCC] fue que la causa que más contribuía a aumentar las emisiones a nivel mundial era el crecimiento de los ingresos.<sup>160</sup> De la estrecha relación potencia-reglas descrita anteriormente se infiere que los niveles actuales de consumo económico no serían viables sin carbono fósil y sin consumo de hidrocarburos.<sup>161</sup> En un sistema económico que depende de la energía para poder crecer, motivar a la ciudadanía para que vote a quienes propongan dejar el carbono bajo el suelo es como tratar de discutir con un incendio forestal. *El cambio climático y su mitigación son procesos que se derivan del Superorganismo.*<sup>162</sup>

---

<sup>157</sup> N. del T.: Referencia al concepto introducido en filosofía por Immanuel Kant.

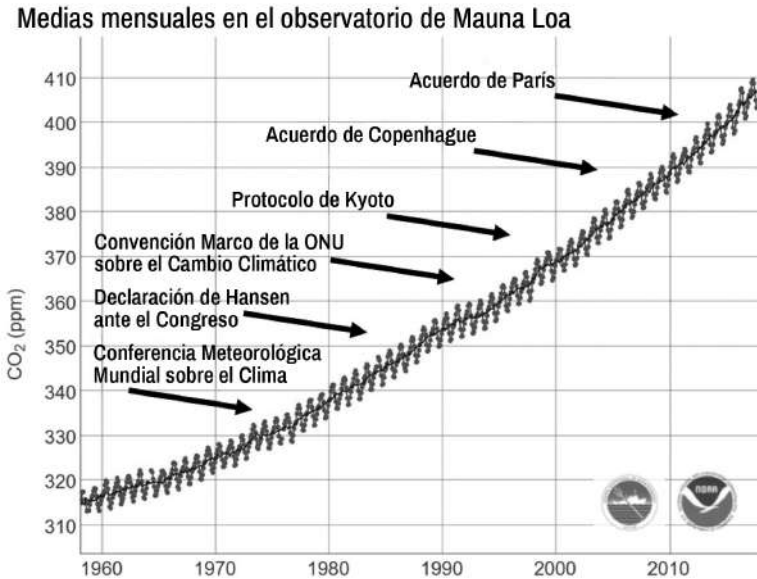
<sup>158</sup> *Ibidem*.

<sup>159</sup> M. Willeit, A. Ganopolski, R. Calov y V. Brovkin, «Mid-Pleistocene transition in glacial cycles explained by declining CO<sub>2</sub> and regolith removal», *Sci. Adv.*, 5 (2019), 10.1126/sciadv.aav7337, eaav7337.

<sup>160</sup> D.G. Victor, R. Gerlagh y G. Baiocchi, «Getting serious about categorizing countries», *Science*, núm. 345, 2014, pp. 34-36.

<sup>161</sup> M. Marder, T. Patzek y S. Tinker, *op. cit.*

<sup>162</sup> Esto resulta irónico: la estabilidad climática dio origen a la agricultura humana, la cual dio origen al Superorganismo, el cual, mediante la industrialización y el Pulso del Carbono, está ahora, a su vez, desestabilizando el clima.

Fig. 9. Concentraciones de CO<sub>2</sub> e hitos sociales humanos

*Población.* La superpoblación también es un efecto derivado de la dinámica de crecimiento del Superorganismo. La economía mundial y los sistemas monetarios se basan en el crecimiento (y lo necesitan). El crecimiento requiere consumo. El consumo necesita consumidores. Más consumidores significa más bebés. En países con un crecimiento demográfico en declive (por ejemplo, Dinamarca), los gobiernos ahora sufragan propaganda para animar a las parejas a que se vayan de “vacaciones sexis”.<sup>163</sup> Puesto que el sistema económico actual necesita crecimiento, hace falta que alguien pague los juguetes, los pañales, las maestras y las pensiones. Una huelga de nacimientos (improbable) podría acabar por colapsar los títulos financieros sobre la energía futura. El clima y la superpoblación son derivaciones conductuales de la propiedad emergente del afán por el PIB en las culturas humanas. Podemos “solucionar” estos asuntos, pero no sin antes: a) reducir el Superorganismo; b) cambiar su rumbo; o c) derrocarlo.

*Renovables.* Más allá del desacoplamiento absoluto o relativo de la energía, existe el *desacoplamiento de carbono*: es decir, lograr el mismo nivel de PIB pero utili-

<sup>163</sup> T. McCoy, «‘Do It for Denmark!’ Campaign Wants Danes to Have More Sex. A Lot More Sex», *Washington Post*, 27 de marzo de 2014.

zando menos carbono. Los medios de comunicación que tratan el tema del medio ambiente han popularizado el discurso de que podemos descarbonizar completamente la economía. Sus proponentes apuntan al hecho de que, desde 2003, más de veinte países, incluidos los EEUU y el Reino Unido, han reducido los gases de efecto invernadero al tiempo que sus economías crecían.<sup>164</sup> Sin embargo, esa contabilidad pasa por alto que dichas economías han llevado sus manufacturas intensivas en carbono a lugares con mano de obra barata. Solo el sector industrial chino ya utiliza casi tanta energía como toda la economía de los EEUU,<sup>165</sup> país que ahora importa lo que antes producía.

Las emisiones de carbono y la actividad económica se *pueden* “desacoplar” si aumentamos la producción de energía no-fósil más rápido de lo que crece el consumo de energía (básicamente: más rápido que el crecimiento económico), pero eso no está sucediendo a escala mundial. La fig. 10 muestra el incremento, en lo que llevamos de siglo, del consumo a partir del carbono fósil y los hidrocarburos, y a partir de las renovables. El único año en que el consumo de combustible fósil se redujo (o aumentó menos que las renovables) fue el año del *crash* financiero mundial: 2009. De hecho, si se toma solamente el incremento de la demanda mundial de electricidad que se produjo en 2018, se observa que fue mayor que toda la capacidad fotovoltaica instalada desde sus comienzos.<sup>166</sup> La fig. 10 pone de manifiesto que las únicas soluciones auténticas a la extralimitación [ecológica] y a las emisiones de carbono deberían pasar por la contracción económica, no por el crecimiento.

El Superorganismo crece, y no encoge (voluntariamente). Según esta lógica, tendremos que cambiar los sistemas económicos antes de que podamos descarbonizar de manera significativa la economía. Ni siquiera el paso de la leña al carbón fue realmente una “transición”: fue tan solo una adición. Estamos consumiendo más biomasa forestal a nivel mundial hoy en día que la que consumíamos cuando comenzó la Revolución Industrial.<sup>167</sup> Del mismo modo, las renovables están añadiendo energía en lugar de sustituir a los hidrocarburos. Si esta tendencia continúa,

---

<sup>164</sup> N. Aden, «The Roads to Decoupling: 21 Countries Are Reducing Carbon Emissions While Growing GDP», World Resources Institute, 2016, disponible en: <https://www.wri.org/blog/2016/04/roads-decoupling-21-countries-are-reducing-carbon-emissions-while-growing-gdp>.

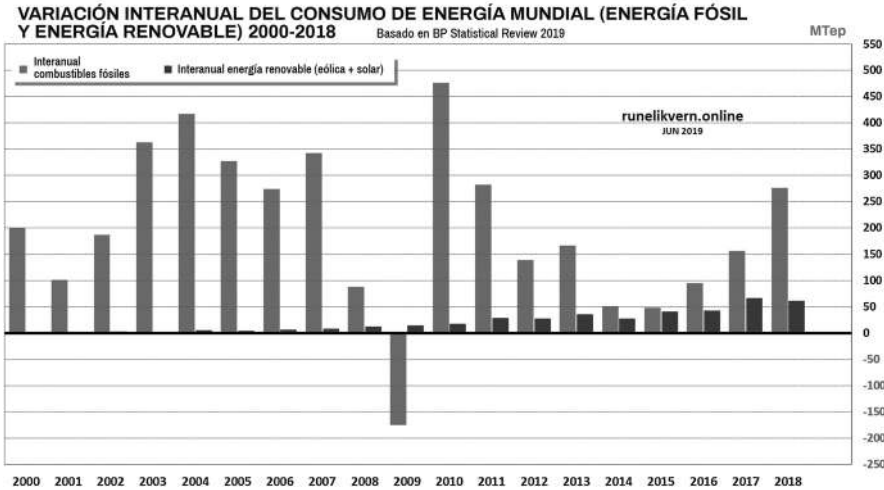
<sup>165</sup> Instituto Nacional Chino de Estadística, *China Statistical Yearbook 2018*, 2018, disponible en: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2018/indexeh.htm> Accedido 11/08/19.

<sup>166</sup> BP Statistical review of world energy, «Energy economics», *BP global*, 2019, disponible en: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.

<sup>167</sup> *Ibidem*.

las renovables<sup>168</sup> seguirán aumentando, pero solo como parte de una estructura de mayor tamaño que disipa energía y emite CO<sub>2</sub>.<sup>169,170</sup>

Fig. 10. Consumo de energía fósil y de energía renovable



Además, entre 1970 y 2010, se estima que la extracción mundial total de recursos de la Tierra (combustibles, minerales, sales, biomasa, etc.) se multiplicó por 3,2, pasando de los 22 millones a los 70.000 millones de toneladas.<sup>171</sup> Durante el mismo periodo, el tamaño de la economía mundial, ajustado según la inflación, se multiplicó por 3,4, de los 18,9 billones a los 65,6 billones de dólares. Por cada unidad adicional de PIB mundial, se necesita casi una unidad adicional de recursos naturales. Para mantener la economía en 17 TW, tanto si es intensiva en carbono como si es neutra con respecto al carbono, seguiríamos necesitando aproximadamente 1 kg de minerales y otras materias primas por cada 2 dólares de PIB mundial. La Física indica que eso no es posible, de modo que habrá que encontrar las respuestas principalmente en los cambios sociales asociados a la contracción, no en las innovaciones técnicas que se traducen en crecimiento a largo plazo.

<sup>168</sup> Técnicamente, "reconstruibles": un roble y un ganso son renovables (por medio de las bellotas y los huevos), pero los paneles solares, las turbinas eólicas, etc. son, como mucho, "replicables", utilizan una infraestructura material compleja y son ellos mismos el producto del ejército de 500.000 millones de trabajadores fósiles.

<sup>169</sup> R. Heinberg y D. Fridley, *Our Renewable Future: Laying the Path for One Hundred Percent Clean Energy*, Post Carbon Institute, 2016, disponible en: <https://www.postcarbon.org/publications/our-renewable-future-laying-the-path-for-one-hundred-percent-clean-energy/>.

<sup>170</sup> V. Smil, «The long slow rise of solar and wind», *Scientific American*, núm. 310, 2013, pp. 52-57.

<sup>171</sup> Panel Internacional de Recursos del PNUMA, *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*, 2016.

*Crédito y financiarización.* Pese a que en la actualidad asistimos a señales emocionales de que la injusticia, la desigualdad de la riqueza y el cambio climático son asuntos reales y urgentes, parece haber poca conciencia de las limitaciones relativas a la energía y las finanzas. El sistema moderno ha utilizado las finanzas para ocultar que hemos consumido más allá de nuestras posibilidades durante, al menos, los últimos 50 años. *La dinámica energía/crédito/crecimiento es el fenómeno que menos se comprende, pero el más importante, de los que han dado lugar a la actual situación ecológica y económica mundial.*

Podemos ver el crédito como una varita mágica que nos permite gastar más de lo que ingresamos con la promesa de devolverlo en el futuro. Esto solo funciona bien cuando nuestra economía crece y existen suficientes recursos por extraer (p.ej., en 1950) para permitir que el crecimiento futuro repague esas deudas.

En la fig. 11 se presenta la deuda (en negro) en relación al PIB (en gris) para los EEUU. Las gráficas de la mayor parte del resto de los países desarrollados presentan patrones similares de deuda/PIB. Si la deuda pública no hubiera (simplemente) crecido, la economía se habría detenido hace más de una década. Buena parte del crecimiento reciente de nuestro PIB ha sido consecuencia simplemente de gastar dinero prestado.<sup>172</sup> A nivel mundial, esta “productividad de la deuda” (crecimiento económico en relación al crecimiento de la deuda) se ha reducido en la actualidad hasta apenas unos 30 centavos por cada dólar. En caso de que esta ratio se redujese a cero, estaríamos añadiendo deuda simplemente para mantener una economía del mismo tamaño. Hemos aumentado nuestro pasivo más rápido de lo que hemos hecho crecer nuestras economías, porque teníamos que hacerlo. Aunque a nivel mundial es peligroso e insostenible echar mano de nuestra varita mágica del crédito, el Superorganismo necesita que lo intentemos.

Por ejemplo, la gran cantidad de crédito creada por China desde la Gran Crisis Financiera aumentó la demanda (y los precios) de los productos básicos y la energía a nivel mundial. La economía china actual es muy grande –aproximadamente 13 billones de dólares–, pero ha creado alrededor de 55 billones de crédito para mantener su consumo actual. Cuando el crecimiento se detenga –lo cual es ine-

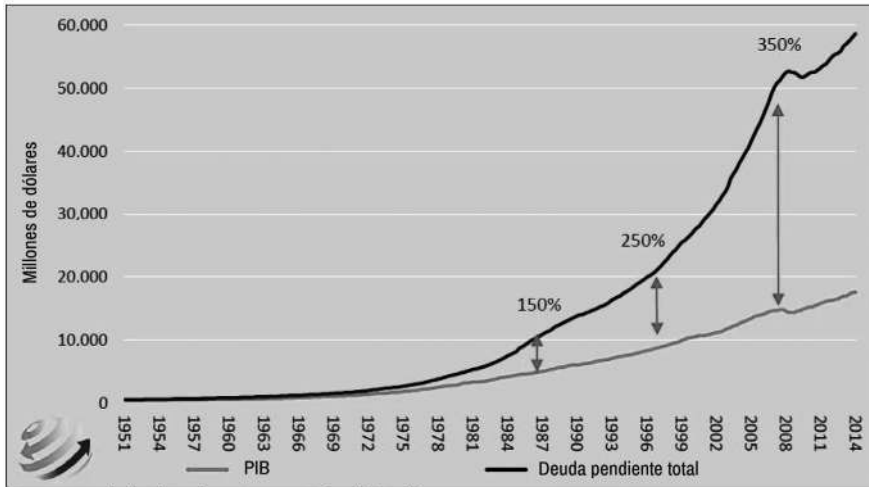
---

<sup>172</sup> T. Coogan, «Gundlach: GDP Would Be Negative If Not for Government Borrowing», *The Sounding Line*, 2019, disponible en: <https://thesoundingline.com/gundlach-gdp-would-be-negative-if-not-for-government-borrowing/>.

visible—, hay billones de dólares en préstamos insostenibles *solamente en China*, en contraste con los 800.000 millones de dólares que había en la Crisis Financiera Mundial de 2008-09.<sup>173</sup>

Fig. 11. PIB en relación a la deuda, en los EE. UU. (1951–2014)

EEUU: Deuda total pendiente vs. PIB



Datos cortesía de: Bloomberg, Reserva Federal (S. Luis)

En 2018, el crecimiento del crédito a nivel mundial comenzó a ralentizarse. Junto a un crecimiento económico más lento, hay signos de un impacto deflacionario, causado por el hecho de que mucha gente ya no puede permitirse cosas básicas (la inflación sigue existiendo, pero sobre todo en la sanidad, la educación, los bienes inmuebles y los activos financieros).<sup>174</sup> Los bonos mundiales que tienen tasas de interés negativas (algo inimaginable en el pasado) suman un total de 14 billones de dólares y siguen aumentando. En Escandinavia, una hipoteca puede tener ahora una tasa de interés inferior a cero.<sup>175</sup> Este abaratamiento del capital, que ha animado a muchas personas a pedir préstamos sobre sus casas, también está deteriorando las tasas de rentabilidad para los ahorradores, y plantea riesgos significativos para los fondos de pensiones, ya que dependen de rendimientos anuales del orden del 7-8%.

<sup>173</sup> T. Coogan, «Kyle Bass: China Will Have Trillions of Dollars of Defaults in Next Recession», *The Sounding Line*, 2019, disponible en: <https://thesoundingline.com/kyle-bass-china-will-have-trillions-of-dollars-of-defaults-in-next-recession/>.

<sup>174</sup> N. Irwin, «Welcome to the Everything Boom, or Maybe the Everything Bubble», *The New York Times*, 7 de julio de 2014.

<sup>175</sup> *Ibidem*.

Oímos hablar cada vez más de los riesgos que comporta el cambio climático para los seguros, y para los futuros financieros. El director de la Comisión de Contratación de Futuros de Mercancías (CFTC por sus siglas en inglés) del Gobierno de los EEUU<sup>176</sup> afirmó recientemente: «Es evidente que el cambio climático entraña un riesgo para la estabilidad del sistema financiero».<sup>177</sup>

Lo que el responsable de la CFTC no dijo es que son precisamente las *finanzas* las que ponen en riesgo financiero la estabilidad del sistema. A pesar de las cuantiosas inyecciones de crédito, la productividad en los EEUU por unidad de trabajo desde 2011 está su nivel más bajo de los últimos 40 años.<sup>178</sup> Si se añaden todas las obligaciones no financiadas a la deuda pública y privada, los EEUU tienen en la actualidad un pasivo del 1.200% de su PIB.<sup>179</sup> A medida que la deuda aumenta con respecto al PIB, la “productividad de la deuda” de cada dólar adicional se reduce, de modo que puede llegar a alcanzar un límite que requiera: condonaciones, ejecuciones hipotecarias, deflación y una economía más pequeña, en el mejor de los casos, y una reforma monetaria y un riesgo a escala sistémica, en el peor.

**Si no hay energía disponible a precios asequibles, nuestras deudas actuales nunca se pagarán**

desde 2011 está su nivel más bajo de los últimos 40 años.<sup>178</sup> Si se añaden todas las obligaciones no financiadas a la deuda pública y privada, los EEUU tienen en la actualidad un pasivo del 1.200% de su PIB.<sup>179</sup> A medida que la deuda aumenta con respecto al PIB, la “productividad de la deuda” de cada

En el centro mismo de nuestra cultura hay un modelo macroeconómico defectuoso. Lentamente nos vamos dando cuenta de la relación entre energía, tecnología y economía. Pero aún está por ver si se puede dar algo parecido a un “desacoplamiento del crédito” (crecimiento, pero sin reducción del crédito mundial), aunque a tenor de la correlación de los últimos 50 años y de la relación directa entre la creación de dinero y su gasto, parece improbable. Los grandes interrogantes que se nos plantean giran en torno a la cuestión de “¿qué es el dinero?”, y nos conducen a otra cuestión: “¿tenemos una meta?”. Mientras tanto, lo que está claro es que no podemos resolver una crisis de crédito con más crédito.<sup>180</sup>

<sup>176</sup> N. del T.: La *Commodity Futures Trading Commission* fue creada en 1974 y regula el mercado de productos financieros derivados (futuros, *swaps* y algunos tipos de opciones).

<sup>177</sup> R. Behnam, «Opening Statement of Commissioner Rostin Behnam Before the Market Risk Advisory Committee», U.S. Commodity Futures Trading Commission, 2019, disponible en: <https://www.cftc.gov/PressRoom/SpeechesTestimony/behnamstatement061219>.

<sup>178</sup> U.S. Bureau of Labor Statistics, *op. cit.*

<sup>179</sup> D. Shin, D. Brancaccio, «Ray Dalio Discusses the Anatomy of the Debt Cycle», *Marketplace*, 2018, disponible en: <https://www.marketplace.org/2018/09/25/dalio-debt-cycle/>.

<sup>180</sup> P. McCulley, «The Shadow Banking System and Hyman Minsky's Economic Journey», CFA Institute, 2009, disponible en: <https://www.cfainstitute.org/en/research/foundation/2009/the-shadow-banking-system-and-hyman-minskys-economic-journey>.



Cabe recordar que la deuda es un derecho de retención sobre la energía. Si alguna vez vamos a devolver nuestras deudas actuales, la cantidad de energía que necesitaremos será inmensa. Y si no hay energía disponible a precios asequibles, esas deudas nunca se pagarán, algo que ya ha sucedido históricamente con la deuda una y otra vez.<sup>181</sup>

## La gran simplificación

En la fig. 12 se puede apreciar de nuevo el contexto general. Después de haber postergado la resolución del problema varias veces para seguir creciendo, nos estamos aproximando al punto X, utilizando la línea negra (crédito) para incrementar el ritmo al que accedemos a la energía fósil y a los recursos no renovables y, en consecuencia, para generar PIB a nivel mundial. Todos los gobiernos y las principales instituciones están haciendo planes teóricamente para crecer (hacia el punto Y). Estamos utilizando la línea negra (finanzas), y los relatos en que se sustenta, para extender temporalmente la línea gris oscuro en esa dirección. Recordemos que la deuda arrastra los recursos hacia el presente en el ejemplo del campo petrolífero. Una economía en su conjunto no es diferente. Deberíamos estar planificando para un nivel energético entorno al punto F, lo cual dirigiría conscientemente la energía de baja entropía y materiales que nos quedasen a la construcción de una infraestructura renovable y a una sociedad basada principalmente en los flujos ecosistémicos.<sup>182</sup> Sin embargo, la dinámica de mercado del Superorganismo solo puede “ver” y moverse hacia el punto Y. No es capaz de ver el riesgo de Z (un punto de aterrizaje brusco si hemos dejado de usar el crédito para alimentar el crecimiento), ni de diseñar un plan a largo plazo para un rendimiento energético entorno al punto F.

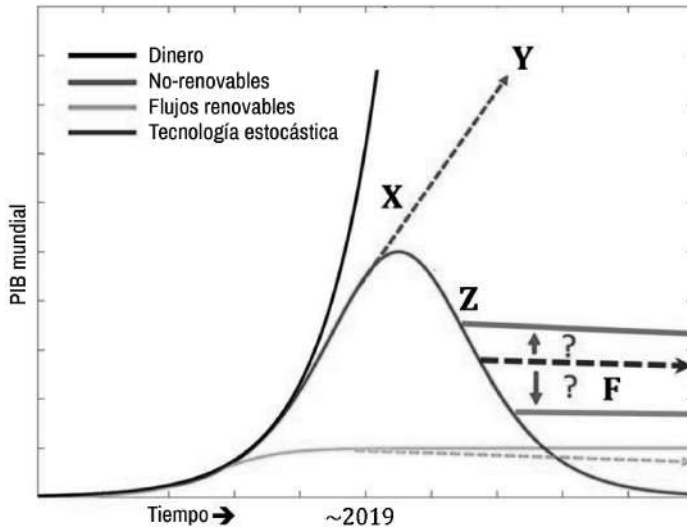
Partiendo de este análisis, actualmente resulta probable una reducción del PIB en las economías avanzadas: 1) cuando no podamos acceder más al consumo a base de añadir crédito; y 2) con un cambio hacia una energía y unas materias primas de peor calidad y más caras. En el siglo XX se registró un incremento de la calidad energética y un descenso de los precios de la energía. Junto con una parte de la mejor energía fósil que quede, sin duda podríamos utilizar energía renovable intermitente de tal modo que pudiese alimentar una gran civilización humana, pero

<sup>181</sup> D. Graeber, *Debt*, Melville House, Nueva York, 2011.

<sup>182</sup> La línea punteada gris claro indica que la capacidad de carga futura de los flujos sostenibles es menor de lo que solía ser y se reduce año tras año debido a la contaminación humana y a nuestro impacto en los sistemas naturales.

su aspecto sería bastante diferente al de la civilización en la que ahora vivimos y para la cual seguimos haciendo planes. Por desgracia, el Superorganismo no sabe planificar, solo arrastrarse hacia adelante en búsqueda de más energía y crecimiento.

**Fig. 12. La Gran Simplificación (alrededor del punto Z)**



## Trampas sociales

Muchos de los retos que tenemos por delante aparecen como trampas sociales clásicas, en las que las presiones sociales a corto plazo guían el comportamiento individual en sentido opuesto al mejor interés individual y social a largo plazo.<sup>183</sup> Desde el punto de vista cognitivo, las consecuencias de lo que se presenta en este ensayo son comprensibles para la mayoría de las personas versadas en estos temas, pero desde una perspectiva conductual siguen siendo casi una tormenta perfecta para que el cerebro humano las ignore o las rechace: los temas son complejos y abstractos, se refieren al futuro, constituyen una amenaza para políticos y empresarios, son difíciles de solucionar, son prácticamente ignorados por los dirigentes sociales y, además, son deprimentes. Así es que, normalmente, las descripciones de nuestra realidad biofísica se reciben con negación o nihilismo.

<sup>183</sup> R. Costanza, «Social Traps and Environmental Policy», *BioScience*, 37 (6), junio de 1987, pp. 407-412, 1987.

Tanto la negación como el nihilismo ayudan a nuestra mente a eliminar la disonancia y, por tanto, absuelven emocionalmente a la persona de la necesidad de esforzarse por acometer cambios (incómodos) que podrían mejorar nuestras oportunidades. Esta y otras trampas sociales parecen amortecer cualquier acción significativa. Nuestra supersocialidad conlleva una valoración de la conformidad por encima de la ciencia, y de la bondad del proceso por encima de sus resultados. Intentamos utilizar mecanismos de ordenación social (popularidad, estatus) para resolver problemas complejos. Quizás la mayor trampa social de todas sea que, en realidad, no necesitamos toda esta energía y todos estos materiales para ser felices o para tener salud. Con todo, guiados por el empuje emergente del Superorganismo, dejamos que las métricas pecuniarias, las comparaciones sociales y la tecnología novedosa nos arrastren hacia un consumo innecesario y despilfarrador.

**Guiados por el Superorganismo, dejamos que las comparaciones sociales y las nuevas tecnologías nos arrastren hacia un consumo innecesario y despilfarrador**

## Discusión final

«Los principales problemas del mundo son fruto de la diferencia entre el modo en que funciona la naturaleza y el modo en que piensan las personas».

Gregory Bateson

«Cuando un sistema está alejado del equilibrio, unas pequeñas islas de coherencia tienen la capacidad de transformar todo el sistema».

Ilya Prigogine

*Y ahora, ¿qué? Predicciones acerca del Superorganismo.* No podemos predecir con exactitud el futuro, pero podemos estar cada vez más seguros de lo que no sucederá. Dados los fundamentos biológicos y sociales del crecimiento y de la manera en que postergamos las medidas necesarias, podemos plantear la hipótesis de qué escenarios son improbables:

- *Hacer crecer la economía mundial al tiempo que resolvemos el cambio climático (reduciendo el CO<sub>2</sub>) o evitamos una Sexta Extinción Masiva.*
- *Hacer crecer la economía al tiempo que reemplazamos los hidrocarburos por energía baja en carbono.*

- *Votar masivamente a favor de dejar bajo tierra los compuestos de carbono que aún quedan.*
- *Que los dirigentes acepten un final del crecimiento o que se preparen para ello antes de que suceda.*

Para evitar el pago de la deuda social que hemos amasado a lo largo de las pasadas décadas, tendemos a *chutar el balón hacia adelante*, con más garantías financieras, relatos y cambios normativos, todo ello de un modo cada vez menos sostenible. Con el telón de fondo del Superorganismo podríamos formular algunas predicciones:

- *A medida que cada vez más personas vayan reconociendo que la energía es la que sostiene nuestros futuros, presenciaremos más planes centrados en la energía bruta en lugar de en su contribución neta a la sociedad. Se promoverán numerosas tecnologías que serán viables, aunque no sean realmente útiles, asequibles ni escalables.*
- *Continuaremos creando dinero y crédito a la espera de que su abundancia nos permita superar los problemas físicos mundiales, hasta que el dinero y el crédito también alcancen sus límites (prestamistas que no sean solventes, intereses demasiado altos como porcentaje del crecimiento, precipicios fiscales,<sup>184</sup> etc.).*
- *Para evitar la inestabilidad social, remediaremos la desigualdad en la distribución de la riqueza por medio de programas como la Renta Básica Universal (si tales “transferencias de riqueza” son directas, estabilizarán la sociedad, pero, por otro lado, permitirán acceder a más carbono ya que convierten dígitos bancarios en consumo de recursos y energía; o sea, es bueno para los seres humanos con bajos ingresos, pero malo para los delfines). (Estas transferencias también podrían ser indirectas, por ejemplo, por medio de la restauración de los ecosistemas, de infraestructura pública local, etc.)*
- *Por todo el mundo, a medida que las perspectivas económicas se vayan deteriorando, la gente promoverá la cohesión grupal mediante la culpabilización de los exogrupos y crecerá la tendencia a votar a líderes que prometan mejores futuros económicos o que las cosas volverán a ser como antes (lo que está rela-*

---

<sup>184</sup> N. del T.: En inglés el término macroeconómico *fiscal cliff* se utiliza para referirse a la combinación de un aumento significativo de impuestos con una drástica reducción de los gastos públicos de un gobierno, que tendría como consecuencia una caída del PIB y, por tanto, una recesión. Esta situación se dio por ejemplo, en EEUU en enero de 2013, cuando una serie de leyes que habían sido aprobadas con anterioridad iban a entrar en vigor simultáneamente. El desastre se evitó en el último momento gracias a una ley *ad hoc* aprobada por el presidente Barack Obama.

*cionado con más crecimiento económico, que a su vez está relacionado con la energía, que a su vez está relacionada con el carbono). Trump, Bolsonaro, Salvini, LePen, Morrison, etc. son ejemplos recientes de esta tendencia (en esta lista solo aparecen nombres de políticos conservadores, pero la mayoría de los progresistas también prometen “mejores futuros económicos”).*

- *Tal y como ilustran los casos de los EEUU y Brasil, una de las pocas fórmulas económicas que quedan para seguir chutando el balón hacia adelante es la desregulación y la eliminación de la protección del medio ambiente. A medida que la economía empeore, las iniciativas medioambientales (por ejemplo, la mitigación del cambio climático) se volverán más impopulares, no porque la gente se vuelva negacionista o se preocupe menos, sino porque tendrán menor margen financiero y emocional para apoyarlas.*
- *Como sistema económico mundializado que somos, haremos probablemente lo que haga falta para seguir posponiendo las acciones necesarias. Estamos atrapados en una espiral de crecimiento, límites al crecimiento, respuesta a los límites, más crecimiento, más límites, más respuesta.*

*La evolución cultural y el Superorganismo.* Somos miembros de una especie social que colabora a diferentes escalas para ejecutar algoritmos de búsqueda óptima de alimento en un entorno nuevo, rico en recursos. El resultado es una persecución colectiva y persistente del crecimiento económico. Este imperativo del crecimiento se ve agravado en la actualidad por:

- a) la creación de moneda sin vinculación a los recursos físicos;
- b) la falta de creación del “interés” debido cuando se crea el dinero; y
- c) el aumento en el uso de métodos financieros para resolver problemas creados por las finanzas.

La humanidad, como especie, en torno al año 2020 de nuestra era, está funcionando a nivel ecológico como una estructura sin mente y disipadora de energía. Podríamos resolverlo, pero ¿lo acabaremos haciendo? Los acontecimientos de las próximas décadas abrirán oportunidades culturales que llevaban tiempo congeladas, pero esto se producirá paso a paso. Es poco probable que resolvamos nuestros problemas medioambientales por la vía de nuevas reglas y nuevas estructuras de precios, al tiempo que mantenemos a raya los riesgos del crédito, de los límites del crecimiento, de la cohesión social y del populismo. Lo más seguro es que tengamos que solucionar los problemas sociales y financieros primero,

antes de que podamos integrar asuntos de más largo plazo, relativos a los ecosistemas y a unas aspiraciones culturales más benévolas.

Sin darnos cuenta, los seres humanos nos hemos visto atrapados en la “trampa del carbono”, por la cual, para mantener nuestros estilos de vida y nuestra existencia, tenemos que seguir quemando el carbono antiguo que está destruyendo inexorablemente el mundo natural. No hay nadie a quien echar la culpa por esta trampa, sino que somos todos cómplices. Tenemos que retirar nuestros ejércitos fósiles de alrededor de 500.000 millones de efectivos, pero si realmente lo hiciéramos, transformaríamos nuestro estilo de vida de una manera que probablemente nos negaríamos a aceptar.

El marco de un *Homo sapiens* como superorganismo resulta desagradable, aunque ofrece tanto claridad como esperanza. Comprender que los humanos se autoorganizan en grandes cantidades de manera predecible siguiendo simples tropismos de aumento de energía, nos ofrece la oportunidad de visualizar lo que es probable que suceda (recalibración financiera, menos disponibilidad de energía y materiales, economías más locales, menos carbono, etc.) y de prepararnos para ello. Ser conscientes de esto proporciona a las personas y a los pequeños grupos la capacidad de seguir caminos creativos de mitigación y planificación futuras al margen de –o en paralelo a– el Superorganismo agregado humano.

Finalmente, del mismo modo que descubrimos que vivimos en un mundo heliocéntrico y que somos fruto de la evolución, ahora empezamos a ver que somos partes de un superorganismo biológicamente emergente que está, en la práctica, devorando el planeta. *Si somos capaces de entenderlo, ¿qué nuevos caminos puede abrir este hecho?* Nuestra biología no va a cambiar, pero nuestra cultura y nuestro sistema económico podrían hacerlo. *¿Cómo vamos a hacer para aprovechar la siguiente recalibración financiero-energética para avanzar hacia un sistema más lento, más sabio y menos dañino?* *¿Qué tipos de respuestas serían beneficiosas?* *¿Qué clase de nuevos relatos necesitamos?*

Recientemente, en los medios de comunicación que tratan el tema del medio ambiente se está dando una tendencia a afirmar que el cambio climático es el principal riesgo al que se enfrenta la civilización. Uno de los puntos expuestos por el presente ensayo consiste en indicar que el cambio climático es un síntoma más de una disfunción mucho mayor. Los múltiples riesgos relacionados entre sí apun-

tan a una reducción inminente y forzosa de la producción energético-material en las próximas décadas. Esto trae aparejadas dos consecuencias, principalmente:

- 1) *Las sociedades tienen que prepararse en los terrenos físico y psicológico para un contexto de menos crédito, menos complejidad y menos disponibilidad de energía y materiales, y van a necesitar infraestructuras de apoyo social para quienes vayan perdiendo su sostén; y*
- 2) *Necesitamos un plan basado en la ciencia que describa cómo podría surgir de esta Gran Simplificación un nuevo sistema económico a partir de la realidad biofísica: por ejemplo, con impuestos a lo no-renovable (no solo al carbono, sino también a otros recursos en rápido proceso de agotamiento), una reducción del papel de las finanzas de casino, ingresos máximos y mínimos, etc., todo ello adaptado a una visión a nivel de especie. Esta es la pequeña hendidura en la armadura del Superorganismo. Es aquí adonde debería apuntar la flecha de las ideas económicas heterodoxas y la agenda de investigación de la Economía Ecológica (y de Sistemas) en los próximos 30 años.*

El concepto de “colapso” social ya ha penetrado en los medios de comunicación mayoritarios.<sup>185</sup> La palabra “colapso” implica un final. También suena binaria: o sí, o no. Pero nuestra situación tiene muchos más matices, es dispersa desde el punto de vista geográfico y cabe actuar sobre ella. A base de *chutar tantas veces la pelota hacia adelante* para aplazar las medidas necesarias, nos encontramos ahora ante el dilema de *adaptarse o morir*. Nos enfrentamos a un reto complejo: evitar “morir”, a base de “adaptarnos”, es decir mediante la realización de cambios profundos. Estos cambios conllevarán un “reacoplamiento” con la naturaleza y con nuestros semejantes, al tiempo que usamos menos recursos no renovables. Físicamente es posible. Por ejemplo, una caída del 30% del PIB en los EEUU llevaría al país de vuelta al nivel de PIB per cápita de 1990, y una caída del 50%, al nivel de 1973.

El reto más importante llegará cuando termine el crecimiento. Al final, es probable que nos enfrentemos a una depresión mundial y a otras desviaciones complicadas con respecto a nuestra trayectoria reciente. Quienes entiendan y se preocupen por estas cuestiones, quienes dispongan de apoyo social, de unos pocos recursos y de un buen equilibrio mental, tienen que dar un paso al frente. No es el momento

---

<sup>185</sup> L. Kemp, «Are We on the Road to Civilisation Collapse?», *BBC - Future*, 2019, disponible en <http://www.bbc.com/future/story/20190218-are-we-on-the-road-to-civilisation-collapse>.

de minimizar nuestro impacto personal, que solo nos convierte en una parte más pequeña del Superorganismo (<1 entre 8.000 millones). Quienes lo comprendan tienen que ser efectivos a escalas mayores. Tenemos que maximizar nuestro impacto durante esta época liminar del *Homo sapiens*. Las respuestas tienen que ser ahora al menos tan sociales como técnicas.

## Conclusión

Actualmente disponemos del conocimiento científico suficiente para construir el relato del viaje que hemos hecho en esta Tierra, el relato que nos conecta con todos los seres. Y es ahora cuando tenemos que recordar este relato, cosecharlo y saborearlo, porque estamos en un momento difícil. Y es el conocimiento del gran relato lo que nos va a permitir superarlo.

Joanna Macy

Un puñado de simios ligeramente inteligentes y sumamente sociales se encontró con un tarro de miel lleno de energía fósil hace 150 años y ha estado de juerga desde entonces. Pero las condiciones de la fiesta resultan ser incompatibles con las realidades biofísicas del planeta. La fiesta está a punto de terminar, y cuando amanezca, se nos impondrán cambios drásticos en nuestro modo de vida. Algunos de los simios puede que recuperen la sobriedad (antes de que amanezca) y creen un plan aceptable para el resto de juerguistas. No obstante, los simios ligeramente inteligentes y sumamente sociales no acometerán de manera fácil ni voluntaria cambios radicales en sus modos de vida. Así que tomarán café y estimulantes (crédito, por ejemplo) durante otro copioso desayuno más, pero con las persianas bajadas. Ya ha amanecido.

Es probable que, en un futuro no muy distante, el tamaño, la complejidad y la "tasa de quema" (literal) de nuestra civilización se reduzcan de manera importante por fuerzas diferentes a la voluntad humana. En el presente ensayo se considera que no vamos a planificar ese resultado, sino que podríamos reaccionar a él a base de *airbags*, cohesión social, un *ethos* y unos planes elaborados con una previsión inteligente (y sabia).

¿Qué aspectos de nuestro mundo actual se pueden y se deben preservar? ¿Qué se puede hacer para que el camino que tenemos por delante sea menos doloroso?



¿Cómo podemos cuidar los ecosistemas y las especies, al mismo tiempo que el gran acervo de cultura y conocimientos humanos, de tal modo que puedan, hasta donde sea posible, sobrevivir a los cuellos de botella del siglo XXI? ¿En qué podemos aspirar a convertirnos, realmente, como especie? ¿Podemos utilizar la ciencia como guía para alcanzar, desde una ligera inteligencia, una moderada sabiduría? ¿Podemos aprovechar nuestros circuitos neurológicos especializados en la cooperación grupal de tal manera que nos movilizemos con otra finalidad que no sea la de convertir billones de barriles de fósiles en microlitros de dopamina? ¿Qué clase de economía nos ayudará a plantear estas preguntas, a investigar al respecto y a documentarlas?

Hace 30 años, la Economía Ecológica fue pionera en el enfoque sistémico de la economía, pero, por desgracia, fue dominada por un microenfoque, estrecho de miras, sobre los servicios ecosistémicos, por la valoración monetaria y la economía convencional.<sup>186</sup> Lo llamemos como lo llamemos, necesitamos desesperadamente un conjunto de criterios de referencia y principios que incluyan no solo la Ecología, sino también la Biología, la Psicología, la Física y [el estudio de] los comportamientos emergentes. Esta disciplina se centraría en “lo que tendremos que hacer” y en “lo que debemos hacer”. Y aplicaría el conocimiento en evolución de los expertos con un ojo puesto en los mapas y planos trazados por los generalistas. La Economía Ecológica se configuró como el siguiente paso de las ideologías clásicas precedentes con el fin de considerar la inclusión de las fuentes y los sumideros. Durante los próximos 30 años, la Economía Ecológica debe convertirse no solo en la portadora de la antorcha de la economía sistémica sino en la partera de una llama más pequeña.

---

Agradecimientos del autor: Este artículo es producto de las mentes de numerosos compañeros homínidos, tanto vivos como del pasado. En los conceptos y la prosa han influido de manera importante dos viejos colaboradores: DJ White de *Earth-trust.org* y Hannes Kunz de *Energystuff.org*. Mi agradecimiento por su ayuda en la edición a Josh Farley, Rex Weyler, Stefan y Jane Shoup, Philip Jensen, Herman Daly, John Gowdy, Tad Patzek, Jeff Tomasi, Rune Likvern, Charlie Hall, John Day, Peter Ward, Francois-Xavier Chevalleriau, Kirk Smith, Art Berman, David Frid-

---

<sup>186</sup> G. Plumecocq, «The second generation of ecological economics: How far has the apple fallen from the tree?», *Ecol. Econ.*, 107 (2014), pp. 457-468, 10.1016/j.ecolecon.2014.09.020.

ley, Scott Endler, Sam Carmalt, Carley Rosefelt y otras personas de las que probablemente me olvido. Gracias a las tres personas anónimas que lo revisaron por sus numerosas y útiles críticas y observaciones.

**Nathan J. Hagens** es director del Institute for the Study of Energy and Our Future.

