



THE ENERGY AS A LEITMOTIV
FOR THE GLOBAL BIOETHICS

► Carlos Eduardo de Jesús Sierra Cuartas*

ENERGÍA: UM LEITMOTIV PARA A
BIOÉTICA GLOBAL

La energía como un Leitmotiv para la bioética global

► O34
Bioética

► Fecha Recepción: Julio 18 de 2010

► Concepto Evaluación: Agosto 16 de 2010

► Fecha Aceptación: Noviembre 9 de 2010

* Magíster en Educación de la Pontificia Universidad Javeriana e Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia. Profesor Asociado de ésta. De otro lado, miembro de *The New York Academy of Sciences*, *The History of Science Society*, *The British Society for the History of Science*, *The Newcomen Society for the Study of the History of Engineering and Technology* y *The International Committee for the History of Technology*. Además, es *Biographee de Marquis Who's Who*, *American Biographical Institute* e *International Biographical Centre*. Por lo demás, autor de publicaciones sobre educación, bioética e historia de la ciencia y la tecnología en medios distribuidos en Colombia, Estados Unidos, Gran Bretaña, México, Venezuela y España. Correo electrónico: cesierra48@une.net.co.



RESUMEN

La comprensión adecuada de la bioética global requiere entender el callejón sin salida del actual paradigma de civilización, anclado al despliegue ilimitado del paradigma baconiano, a fin de superar la crisis presente de civilización. Por tanto, este artículo procura mostrar la posibilidad de tal comprensión por la vía del concepto de energía como leitmotiv clave a fin de purgar la bioética global de contaminaciones ideológicas indeseables.

Palabras Clave

Bioética global, energía, entropía, desvalor, tecnología crítica.

ABSTRACT

The adequate comprehension of the global bioethics requires understanding the blind alley of the present-day paradigm of civilization, which is anchored to the unlimited unfolding of Francis Bacon's paradigm, so as to overcome the current crisis of our civilization. Therefore, this article tries to demonstrate the possibility of such a comprehension by means of the concept of energy as a key fundamental theme in order to purge the global bioethics of undesirable ideological corruptions.

Key Words

Global bioethics, energy, entropy, disvalue, critical technology.

RESUMO

A compreensão adequada da bioética global requer entender o ponto morto do atual paradigma de civilização, atado ao credo baconiano ilimitado, a fim de superar a crise da nossa civilização. Portanto, este artigo tenta mostrar a possibilidade de tal entendimento por meio do conceito de energia como tema fundamental para eliminar da bioética global a poluição ideológica indesejável.

Palavras Chave

Bioética global, desvalor, energia, entropia, história da termodinâmica, tecnologias críticas.

EXORDIO: ACTORUM MEMORES SIMUL AFFECTAMUS AGENDA

La historia de la termodinámica brilla por su ausencia casi total en el mundo de hoy. Hecho bastante curioso si consideramos que los desarrollos de la termodinámica hacen parte central de la historia de la ciencia y la tecnología. Sobre todo, el mundo hispano descuida en grado sumo lo atinente a la investigación y enseñanza de la historia señalada, situación denunciada por investigadores como José María López Piñero, y Nicolás García Tapia, y Elías Trabulse (1997). En semejante estado de cosas, el descuido mencionado implica un talón de Aquiles para el abordaje satisfactorio de la Bioética global, en especial cuando se trata de abordarla en clave de complejidad, puesto que, en ésta, encontramos un concepto neurálgico, a saber: la energía. Esto significa que es menester una comprensión apropiada de la energía a fin de entender mejor sus implicaciones para la pervivencia de la vida sobre nuestro planeta. Ahora bien, pese a la existencia de cursos, libros y revistas de termodinámica y fisicoquímica por todo el orbe, no se puede decir que la civilización actual comprende con claridad las limitaciones impuestas al crecimiento económico por las leyes naturales, sobre todo las de la termodinámica. De facto, la mejor prueba que tenemos a la vista de la existencia de tamaña incompreensión es la crisis presente de la civilización, la cual incluye una dimensión ecológica sin precedentes.

Amén de lo previo, existe el problema de una escasa perspectiva de interdisciplinariedad al respecto, esto es, mientras muchos bioeticistas no suelen estar compenetrados con los fundamentos de la termodinámica, el grueso de los científicos de la naturaleza y los ingenieros suelen pecar de una ignorancia supina en materia de bioética global. Del mismo modo, las facultades de educación adolecen de una desconexión extraña frente a la bioética, al punto que, a la hora de buscar publicaciones en torno a los nexos entre bioética y educación, suelen aparecer en revistas de bioética, muy rara vez de educación. Peor aún, desconcierta mucho la situación descrita en un momento en el cual pelagra la propia continuidad de la especie humana sobre la Tierra, junto con la de numerosas especies vegetales y animales. En fin, contra la estupidez humana los propios dioses luchan en vano.

Toda esta problemática se ha magnificado en las últimas dos décadas gracias al auge planetario de las contrarreformas neoliberales. Durante muchos años, las

contrarreformas de marras han inducido una situación de desconcierto y parálisis intelectual. Empero, los últimos lustros han asistido a la aparición de un buen número de investigaciones que han apuntado a la elucidación de dichas contrarreformas y sus consecuencias. En el campo de la educación, esta nueva literatura está mostrando una forma harto distinta de entender el fenómeno educativo, puesto que la mayor parte de los intelectuales de la educación han formado parte hasta ahora de la crisis o traición de los intelectuales. Y esta nueva forma de entender la educación, si la escrutamos con detenimiento, connota una dimensión asociada a la termodinámica de fondo, aunque hay que saber hacer esa lectura con cuidado a fin de no distorsionar el sentido de los conceptos técnicos al pasar al ámbito de lo social. Ahora bien, la investigación histórica crítica al respecto es nuestra mejor herramienta para la detección de camelos a fin de poner bien los puntos sobre las íes en lo que a esto concierne. En otras palabras, que el futuro puede aprender del pasado, sentido justo de la máxima latina que encabeza este exordio, máxima que, de facto, es la divisa de la anglosajona Sociedad Newcomen, dedicada a la investigación de la historia de la ingeniería y la tecnología.

CAUTELAS METODOLÓGICAS

De lo dicho, resalta el abordaje histórico crítico de este tema, lo que significa que no es posible inferir en exclusiva el *leitmotiv* de la energía para la bioética global desde la mera exploración de la literatura bioética estándar. Igualmente, tampoco es posible inferir tal papel desde la exploración de la literatura técnica estándar, como tampoco resulta fructífera la revisión de la literatura educativa estándar. Por tanto, hemos de estar ojo avizor en relación con la exploración de fuentes de información alternativas y no estándar tanto en la Red como en bibliotecas, centros de documentación y librerías. Por supuesto, esta aproximación al tema quedará debidamente ilustrada conforme avancemos en todo lo restante de este artículo, reflejo de una paciente labor inquisitiva adelantada por quien esto escribe desde que comenzó su quehacer académico en el área de la termodinámica un cuarto de siglo atrás.

Así, a grandes rasgos, cabe clasificar las fuentes más adecuadas para explorar del tema en las siguientes categorías: (1) historia de la Revolución industrial y sus antecedentes; (2) historia de la Revolución científica; (3) historia crítica de la bioética; y (4) historia reciente de la educación.

Por su parte, cabe destacar que, en relación con estas categorías de fuentes, no escasean precisamente los autores que suelen caracterizarse por una postura crítica rigurosa que nace de un hondo compromiso intelectual, lo cual es una ventaja inestimable desde el punto de vista del principio de objetividad. De nuevo, no perdemos de vista que el futuro puede aprender del pasado.

DE LA ENERGÍA COMO INTUICIÓN A LA ENERGÍA COMO CONCEPTO

En primera instancia, la exploración de los orígenes, la evolución y la consolidación del principio de la conservación de la energía resulta bastante ilustrativa para nuestros fines, puesto que conviene distinguir entre la energía como intuición y la energía como concepto, sin incurrir en los excesos del constructivismo, esto es, sin llegar al extremo de pretender que la energía como concepto es el fruto de una construcción o convención social, excrecencia propia del solipsismo o del escepticismo radical en el mejor de los casos. Como quiera que sea, el constructivismo funciona bien aplicado al fútbol o a la democracia, pero no en ciencia, habida cuenta que partimos del hecho de la existencia de una realidad física externa a nuestras mentes. Por lo demás, esto es clave a la hora de pergeñar discurso ético y bioético, es decir, es menester partir de la existencia misma de la realidad a la hora de forjar un discurso tal.

Pese a la relativa escasez de buenas fuentes de información dedicadas a este tema, de vez en cuando aparece alguno que otro entusiasta del enfoque constructivista. Para la muestra, señalemos al argentino Matías Alinovi, quien, al tratar del movimiento perpetuo, señala lo siguiente:

El concepto de energía es el resultado de un vasto acuerdo interpretativo, de una epopeya normativa. Detrás hay una convicción antigua, la de la conservación. La idea de la conservación de la energía es, en cierta medida, anterior al concepto mismo de energía. El proceso normativo que convirtió en ley una serie de observaciones, de interpretaciones de hechos variados, modeló el concepto. Como si desde el principio hubiera operado un acuerdo tácito: la energía será aquello que se conserve. El principio de conservación de la energía comenzó nombrando imperfectamente lo conservado. Nombrarlo cada vez más perfectamente fue su afán, su desarrollo, su sentido (Alinovi, M. 2009: 106-107).

Sin embargo, el principio de la conservación de la energía no hace hincapié tanto en nombrar cada vez con más perfección lo conservado como en procurar un ajuste razonable entre los hechos y una teoría en constante depuración. Esto es algo que transmite cualquier buen libro de termodinámica -por ejemplo, el primoroso libro de física de Richard P. Feynman y colegas (Feynman et al., 1977). En otras palabras, queda cierta sensación en cuanto a que Alinovi le concede más importancia al proceso normativo en sí, al consenso, que al diálogo a dos bandas entre teoría y experimento. Al fin y al cabo, la termodinámica es una disciplina que nació desde la práctica misma con las máquinas, entendidas éstas como dispositivos que convierten la energía de una forma en otra, de calor en trabajo en el caso de las máquinas térmicas. Además, cabe dudar en cuanto a que “el concepto de energía es el resultado de un vasto acuerdo interpretativo, de una epopeya normativa”. Ya Kuhn, en un estudio memorable sobre la conservación de la energía en su fase final, del período comprendido entre 1830 y 1850, centró sus análisis en una docena exigua de figuras relevantes entre científicos e ingenieros (Kuhn, T. 1996: 91-128). Así las cosas, la historia respectiva fue un largo proceso de ensayo y error mediado por un diálogo a dos bandas entre teoría y experimento, mucho más que un proceso normativo de nominación. Por ejemplo, esto lo vemos en el trabajo brillante de John Smeaton en la Rubia Albión del siglo XVIII en su quehacer con las ruedas hidráulicas.

Con detenimiento, me he ocupado de los pormenores de los orígenes, la evolución y la consolidación del principio de la conservación de la energía (Sierra, C. 2009b, 2010b, 2010c). En mi aproximación al asunto, he señalado la necesidad de tomar en cuenta tanto fuentes estándar como no-estándar en aras de la objetividad en lo que a esto concierne, (máxime cuando es notable el eurocentrismo en el tema). De aquí la prudencia de tomar en cuenta, para comenzar, la Antigüedad y el Medioevo con motivo de la exploración de fuentes de energía en aquellos tiempos ya lejanos, especialmente en la Edad Media.

De la Antigüedad clásica y el Medioevo conviene señalar dos hechos notorios de la tecnología naval, a saber: el trirreme griego y la nave longa vikinga (el célebre *Drakkar*). Corresponden a dos ejemplos excelsos del buen nivel que había alcanzado la carpintería de ribera si los miramos desde el punto de vista del uso óptimo de la energía, lo que significa que ambos tipos

de embarcación fueron muy versátiles para la navegación. Adviértase que el trirreme fue clave para la consolidación de Atenas como talasocracia, mientras que la nave longa protagonizó el auge de la era vikinga. Naturalmente, hasta donde cabe decir, los carpinteros de ribera se desenvolvían con un manejo de la energía en forma intuitiva merced a un largo proceso de ensayo y error que tomó siglos teniendo como punto de partida un simple tronco de madera que flotaba en el agua. No obstante, pasarán siglos antes de la consolidación de la energía como concepto.

De otro lado, como nos muestra con lucidez Lynn White (1990), la Edad Media fue el escenario de una exploración intensa de fuentes de energía, exploración en la que no faltó la ilusión con el movimiento perpetuo, esto es, la pretensión de obtener energía útil ilimitada en forma gratuita. Como parte de esta exploración, cabe destacar la Revolución agrícola que estuvo asociada con el mejoramiento de la tecnología para sacar un mejor partido del caballo, manifiesto en la invención del arnés de collera, lo cual facilitó por mucho el proceso de urbanización y, el surgimiento de los burgos medievales. Es justo la época en la que aparecen las primeras universidades en la Europa cristiana, fruto de la condensación espontánea entre maestros y discípulos: París, Bolonia, Oxford, Cambridge, etc.

No perdamos esto de vista, puesto que aquí tenemos un elemento clave a fin de entender el surgimiento y la consolidación del modo de producción capitalista. Como hace ver Philip S. Golub (2010), la urbanización extensiva de masas resulta indisociable de la aparición del Antropoceno, la nueva era geofísica inaugurada por la Revolución industrial en el siglo XVIII, con su demanda intensiva característica de recursos energéticos fósiles y la modificación profunda del hábitat que es su consecuencia. De esta manera, apreciamos que la Revolución industrial tiene antecedentes medievales inequívocos.

El investigador británico Terry S. Reynolds (1994) respalda bien lo anterior. Durante la Edad Media, la energía puesta en juego por la maquinaria hidráulica en boga por toda Europa, expresada en caballos de vapor, resultaba comparable a la desplegada por la Revolución industrial en su fase de consolidación, cuando la maquinaria de vapor logró desplazar a la hidráulica. Es más, en días tan tempranos como los del Medioevo, se conocieron los efectos nefastos de la industrialización basada en el uso amplio de la rueda hidráulica, de lo cual un ejemplo contundente es el caso de la región francesa de Vizille a

fuer de la deforestación sufrida allí hacia el año 1304 a causa de las serrerías hidráulicas. Luego, ya concluida la Edad Media, los anglosajones sintieron en carne propia las consecuencias de una crisis energética impresionante, desde 1550 hasta 1700, con motivo de la deforestación de las Islas Británicas dada la gran necesidad de calefacción en la época invernal -caso bien reseñado por John U. Nef (1978). Semejante problema llevó a los británicos a sustituir la madera por la hulla como fuente de energía, circunstancia favorecida por el hecho que su territorio estaba asentado sobre unos vastos yacimientos carboníferos, los que, a primera vista, parecían inagotables. Empero, hacia 1920, resultó bastante evidente que los yacimientos de marras eran finitos de acuerdo con los sondeos llevados a cabo. Desde luego, cuando hablamos de una actitud como la de los anglosajones frente al manejo dado a los recursos naturales, tenemos a la vista un ejemplo contundente del despliegue del programa baconiano de conquista de la naturaleza. Al fin y al cabo, Francis Bacon era inglés como el que más.

Ahora bien, quien mejor nos permite comprender los antecedentes medievales del programa baconiano es Iván Illich en su investigación sobre la vida y la obra de Hugo de San Víctor, investigación enmarcada en su elucidación de la naturaleza y los orígenes del trabajo fantasma (Illich, I. 2008b). Por lo anterior, bien merece la pena que nos detengamos algo al respecto. De acuerdo con Illich, Hugo de San Víctor, nacido en 1096 en la villa flamenca de Ypres, merece un lugar importante en la filosofía de la tecnología con motivo de su tratamiento sumamente original del tema. De facto, la extinción de su autoridad indiscutida tras su muerte marcó el fin del Medioevo de forma más decisiva que la expansión del Renacimiento o de la Reforma. En forma sintética, como sostiene Illich: "En efecto, Hugo definía la ciencia mecánica como esa parte de la filosofía que estudia los remedios contra la debilidad, la enfermedad de los cuerpos, cuando ésta es el resultado de intervenciones nefastas del hombre en el entorno -la ciencia es, por lo tanto, un correctivo del desorden ecológico". Como puede verse, estamos ante un pensamiento bastante adelantado para su tiempo, el siglo XII.

En otras palabras, los humanos están debilitados por su propia culpa y deben sobrevivir en un entorno que han estropeado. En este estado de cosas, la ciencia es la búsqueda de un remedio a tan terrible condición, por lo que lo principal, en la ciencia, son los esfuerzos para aliviar esa debilidad, no para controlar, dominar o conquistar la

naturaleza sino para convertirla en un seudoparaiso. De este modo, la ciencia conduce a la sabiduría. En concreto, los tres remedios que distingue Hugo contra la enfermedad del individuo son *theorica*, *practica* y *mechanica*: la ciencia teórica a fin de percibir las cosas tal y como son; la ciencia ética o social, la *practica*, para adquirir los hábitos estables del alma; y la ciencia mecánica a fin de satisfacer las necesidades que nos impone la naturaleza a causa de nuestra agresión a ella. En suma, es una visión de la ciencia antinómica frente a la que comenzó a perfilarse en el siglo XIII con el redescubrimiento de Aristóteles, y que domina a Occidente. Una visión de la ciencia que nada tiene en común con el concepto de "investigación y desarrollo", ni con el ingenuo esfuerzo baconiano de subyugar a la naturaleza. Tampoco es la investigación pura y desinteresada que persigue encontrar y publicar la verdad. En forma lapidaria, la ciencia en Hugo de San Víctor es amor por la sabiduría. Por tanto, de San Víctor fue el primero en hablar de *ciencia mechanicae*. Desde el punto de vista teórico, es posible perfeccionar las herramientas con fines de subsistencia; desde la óptica moral, la ciencia debe tener por éste como su objeto.

Por desgracia, no sobrevivirán a Hugo estas ideas de la ciencia como remedio y de la mecánica como parte de la ciencia, pese a que su *Didascalicon* sirvió de manual de iniciación tanto en la Edad Media como durante el Renacimiento. Una razón para ello está en el auge del consumo de hierro y del uso de molinos hidráulicos, situación que favoreció la explosión de las "artes mecánicas" por entonces, con su inconfundible sello plebeyo, lo cual incidió en su proscripción de los estudios universitarios. Así, la mecánica dejó de tener algo en común con el esfuerzo de hacer fracasar a la naturaleza, mucho menos de imitarla. Fue el tránsito hacia la dominación de la naturaleza lo que se dio tras la muerte de Hugo de San Víctor. El modo de producción capitalista llegaba al mundo de forma rozagante.

Décadas antes de Iván Illich, Oswald Spengler diagnosticó la misma situación en el mismo sentido (Spengler, O. 1935). Merece la pena reproducir aquí un fragmento significativo, pese a su relativa extensión:

Con la misma audacia y la misma hambre de poder y de botín espirituales, los frailes nórdicos de los siglos XIII y XIV penetran en el mundo de los problemas técnico-físicos. Aquí no hay nada de esa curiosidad ociosa y extraña a la acción que caracteriza a los sabios chinos, indios, antiguos y árabes. Aquí no hay especulaciones con el propósito de obtener una simple "teoría",

la Edad Media fue el escenario de una exploración intensa de fuentes de energía, exploración en la que no faltó la ilusión con el movimiento perpetuo, esto es, la pretensión de obtener energía útil ilimitada en forma gratuita. Como parte de esta exploración, cabe destacar la Revolución agrícola que estuvo asociada con el mejoramiento de la tecnología para sacar un mejor partido del caballo, manifiesto en la invención del arnés de collera, lo cual facilitó por mucho el proceso de urbanización y, el surgimiento de los burgos medievales.

una imagen de aquello que no se puede conocer. Sin duda, toda teoría científico-natural es un mito, que el entendimiento bosqueja sobre los poderes de la naturaleza, y toda teoría depende completamente de la religión correspondiente. Pero aquí y sólo aquí la teoría es desde un principio hipótesis de trabajo. Una hipótesis de trabajo no necesita ser "justa", ha de ser tan sólo prácticamente utilizable.

No se propone descubrir los enigmas del Universo que nos rodea, sino hacerlos servir a determinados fines. De aquí se deriva la exigencia del método matemático, que fue planteada por los ingleses Grosseteste (nacido en 1175) y Roger Bacon (nacido hacia 1210), y por los alemanes Alberto Magno (nacido en 1193) y Witelo (nacido en 1220). De aquí también se deriva el experimento, la scientia experimentalis de Bacon, la inquisición de la naturaleza con aparatos de tortura, con palancas y tornillos. Experimentum enim solum certifi- cat, como escribe Alberto Magno. Es la astucia guerra de los animales rapaces del espíritu. Creían que lo que querían era "conocer a Dios"; pero lo que en realidad querían era aislar, hacer utilizables y palpables las fuerzas de la naturaleza inorgánica, la energía invisible en todo lo que acontece. La física fáustica, y sólo ésta, es dinámica, frente a la estática de los griegos y a la alquimia de los árabes. No se trata de materia, sino de fuerza. La masa misma es una función de la energía. Grosseteste desarrolla una teoría del espacio como función de la luz, y Pedro Peregrino establece una teoría del magnetismo. En un manuscrito de 1322 se indica ya la teoría copernicana del movimiento de la Tierra alrededor del Sol, y, cincuenta años después, Nicolás de Oresme, en De coelo et mundo, fundamenta esta teoría con más claridad y profundidad que el mismo Copérnico, y en De differentia qualitatum anticipa las leyes de la caída, de Galileo, y la geometría de las coordenadas de Descartes. Considerase a Dios, no ya como el Señor, que, desde su trono gobierna el Universo, sino como una fuerza infinita, pensada casi de modo impersonal, fuerza que está presente en todas partes en el mundo. Extraño servicio divino era esa investigación experimental de las fuerzas ocultas por piadosos frailes. Y, como decía un viejo místico alemán: "Al servir a Dios, Dios te sirve a ti".

Hasta aquí Spengler, cuya declaración nos precisa mejor el estado de las cosas tras la muerte de Hugo de San Víctor. Por así decirlo, el mundo antiguo queda así

condenado a desaparecer en los fuegos de la industria. La visión de la ciencia como *mimesis* y remedio se va extinguiendo a favor de la cosmovisión baconiana de conquista. Con la llegada de la modernidad, el programa baconiano iniciará un despliegue amplio, cuya mejor expresión actual está en los Estados Unidos de América del Norte, la zona del planeta con el mayor desarrollo tecnocientífico en clave baconiana, caracterizada por un uso intenso de la energía y la agresión indelicada a la naturaleza. La transición entre ambos momentos, el primer ímpetu asociado con los monjes nórdicos y la etapa presente del programa baconiano, el liberalismo económico, corresponde a la segunda fase de la Revolución industrial, iniciada en el siglo XVIII, en conjunción con la Revolución científica, la que tendrá como protagonista la aparición de la máquina de vapor, seguida de la tecnología eléctrica.

Quando se siguen con detenimiento los acontecimientos claves de los siglos XV al XIX, tenemos un derrotero llamativo que llevará al fin de la energía como intuición con la consolidación consecuente de la energía como concepto. Es un camino en el que el motor transformacional sucederá al motor vectorial, esto es, el triunfo de la máquina de vapor sobre tecnologías previas basadas en el uso del viento, del agua y del músculo. He procurado ilustrar estos acontecimientos en otro lugar (Sierra, C. 2010b, 2010c), junto con la dimensión bioética inherente a la historia de la termodinámica (Sierra, C. 2009b), entendida como la preocupación y la reflexión sobre las consecuencias nefastas del manejo irresponsable de la ciencia y la tecnología¹. El derrotero aludido exige ciertas cautelas requeridas por el principio de objetividad. Por tanto, una vez se ha reparado en la exploración de fuentes de energía durante el Medioevo y la aparición del caballo de fuerza, pasamos a la invención de la máquina de vapor por parte del noble navarro Jerónimo de Ayanz y Beaumont a fines del siglo XVI y comienzos del XVII. Invento que, de acuerdo con las conclusiones decantadas por Nicolás García Tapia, bien pudieron plagiar los ingleses, habida cuenta que la máquina de vapor atribuida a Thomas Savery coincide de una manera harto sospechosa con el diseño de Ayanz. Desde luego, los ingleses hicieron con tal máquina lo que los hispanos no: sacar adelante una Revolución industrial. En el siglo XVII, Galileo Galilei aportó un avance notable en la comprensión de la conservación de la energía merced a sus experimentos con péndulos, aunque pasaría mucho más tiempo para que el Hombre alcanzase esa comprensión

profunda en lo conceptual. Al comenzar el siglo XVIII, en 1701, Isaac Newton publicó un artículo intitulado *Heat*, el cual distingue con lucidez la temperatura del calor, a despecho de cierta ambigüedad en el lenguaje utilizado.

El Siglo de las Luces fue el escenario para dos aproximaciones útiles y complementarias a fin de acelerar la marcha hacia la consolidación del principio de la conservación de la energía, a saber: la mecánica práctica inglesa y la tradición matemática racionalista francesa, representadas, respectivamente, por John Smeaton y Lazare Carnot. Al fenecer el siglo XVIII, quedó como logro el entendimiento de la conservación de la energía mecánica. Por los mismos días, estaba en su furor cierto paradigma con el que se procuraba entender los fenómenos térmicos: la teoría del calórico, que cedería su lugar a la teoría cinética del calor gracias a las investigaciones de Benjamin Thompson, Conde de Rumford. Eso sí, el reemplazo de la teoría del calórico no fue repentino, sino que tomó algo así como media centuria, cuando el siglo XIX comenzaba a cobrar cierta madurez. De facto, en 1824, Sadi Carnot, hijo de Lazare, en su libro seminal *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, incurrió en el error del uso de la teoría del calórico a la hora de interpretar el funcionamiento de las máquinas térmicas, error que corrigió tiempo después en escritos que quedaron inéditos largo tiempo tras su muerte (Carnot, 1987). En todo caso, en tal libro, Carnot sentó los cimientos fundamentales de la primera y la segunda leyes de la termodinámica (la conservación de la energía y la ley de entropía).

Thomas Kuhn (1996), en su ensayo sobre la conservación de la energía, estableció que el período que va de 1830 a 1850 y coincidió con la generalización lúcida de la conservación de la energía más allá de la forma mecánica para incluir otras formas: el calor, la luz, el magnetismo, etc. A continuación, Rudolf Clausius, entre 1850 y 1865, partiendo del trabajo de Carnot, decantó la formulación actual de la segunda ley. Ahora bien, lo anterior no significa que, al llegar el año 1865, la comprensión acerca de la energía y su degradación fuera completa al ciento por ciento. De hecho, todavía no lo es en nuestro tiempo, en medio de la crisis ecológica actual. El físico italiano Vittorio Silvestrini alerta con sensatez cuando asevera que la denominación actual de termodinámica avanzada promete demasiado (Silvestrini, V. 1998), puesto que nuestra comprensión de los principios termodinámicos continúa siendo muy insatisfactoria, situación que, también, ha mostrado en forma magistral Isaac Asimov en su cuento

La última pregunta (Asimov, I. 2006), un relato que plantea el fin de la humanidad y del Universo luego de eones sin haber podido entender la misma ley de entropía.

Una vez formuladas las dos leyes básicas de la termodinámica, todo lo restante del siglo XIX estuvo dedicado a intentos diversos para tratar de entenderlas y a fin de explorar su posible validez en ámbitos distintos a los de las máquinas y la materia inerte (exploración que ha continuado a lo largo del siglo XX y lo que va corrido del XXI). Al presentar los orígenes y la cimentación de la biología durante la centuria decimonona, William Coleman (2002) muestra que los médicos y fisiólogos de ese tiempo lograron demostrar la validez de tales leyes para los seres vivos, si bien no faltó el vicio del reduccionismo, como en el caso de Claude Bernard. Por el estilo, fue el proceder de los físicos orgánicos, con Hermann Helmholtz a la cabeza, quienes procuraban explicar la materia viva sobre la base exclusiva de las leyes de la física y la química (Eckart, W. V. Gradmann, C. 1995).

Una precaución que no sobra en modo alguno es que no ha de caerse en la ilusión de considerar la historia de la termodinámica como una marcha triunfal, directa y sin obstáculos desde la ignorancia hacia la luz del conocimiento de las leyes que gobiernan el cosmos, cual sucesión de descubrimientos lúcidos y acumulativos en progresión constante. Nada más alejado de esta imagen, puesto que, como parte constitutiva de dicha historia, no podemos pasar por alto lo atinente al movimiento continuo o perpetuo, máxime que sigue siendo un elemento de actualidad, más bien dramática.

Por lo demás, al hablar de la historia del efecto invernadero, Jacques Grinevald (1992) deja sentado que tanto Sadi Carnot como Joseph Fourier expresaron su preocupación acerca de las consecuencias negativas de la Revolución industrial. Es decir, cuando el siglo XIX aún estaba bastante joven, estas dos figuras relevantes en la historia de la termodinámica avizoraron los efectos del calor liberado a la atmósfera, a causa de la combustión de combustibles fósiles, sobre la temperatura de la Tierra. De similar forma, la literatura abunda en visiones anticipadas al respecto: el poeta alemán Friedrich Hölderlin anticipó en su poesía las malas consecuencias de la Revolución de marras y Jules Verne plasmó lo propio en su novela *Viaje maldito por Inglaterra y Escocia* (Verne, J. 1989), amén de otras obras suyas. Unas palabras de Joseph Fourier muestran el asunto:

El establecimiento y el progreso de las sociedades humanas, la acción de las fuerzas naturales, pueden cambiar notablemente, y en vastas extensiones, el estado de la superficie del suelo, de la distribución de las aguas y de los grandes movimientos del aire. Unos efectos como éstos pueden hacer variar, en el curso de varios siglos, el grado de calor medio (Grinevald, J. 1992).

► **O42**
 Bioética

En suma, como puede apreciarse, los propios padres fundadores de la termodinámica temieron los peores efectos del desarrollo de la sociedad industrial. En realidad, si rastreamos con atención el despliegue del industrialismo desde entonces, suele destacar la asimilación entusiasta de las aplicaciones técnicas de la termodinámica casi sin parar mientes en las limitaciones impuestas por la fuerza legislativa de dicha disciplina, sobre todo por la segunda ley, tan mal comprendida entonces como ahora. De esto, un caso típico es el del mundo hispano, descrito por Stefan Pohl Valero en un ensayo de su autoría (Pohl, S. 2006). Nada raro si no perdemos de vista que Marcelino Cerejido, investigador argentino-mexicano, define a nuestros países como países con investigación, pero sin ciencia.

LOS MITOS DE LA ENERGÍA LIMPIA Y DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

En la actualidad, proliferan a granel las publicaciones de diversa índole, tanto en papel como electrónicas, acerca del tema que bien podemos denominar como *la crisis presente de civilización*. A grandes rasgos, como nos advierte Francisco García Olmedo (2005), en el caso del cambio climático, panorama complejo e incierto en extremo, caben tres actitudes según la psicología e ideología de cada cual: la de olvidar o negar la existencia de tal cambio; la de adaptarse a él conforme se produzca; y la de tratar de frenarlo. Este espectro de actitudes suele también ir de la mano de mitos, incluso entre aquellos con formación científica o técnica. Entre estos mitos, conviene que destaquemos dos: la energía limpia y el desarrollo sostenible. Son dos mitos que reflejan una ignorancia supina de los límites impuestos por la fuerza legislativa de la termodinámica, límites que podemos expresar así: (1) Primera ley: no podemos ganar; y (2) segunda ley: ni siquiera podemos empatar. En fin, cuesta trabajo creer que, tras el largo proceso que llevó a la consolidación de tales principios,

Una precaución que no sobra en modo alguno es que no ha de caerse en la ilusión de considerar la historia de la termodinámica como una marcha triunfal, directa y sin obstáculos desde la ignorancia hacia la luz del conocimiento de las leyes que gobiernan el cosmos, cual sucesión de descubrimientos lúcidos y acumulativos en progresión constante.

aún la humanidad los desconozca al punto que, como nos lo recuerda Jorge Wagensberg (1999), Director del Museo de la Ciencia de Barcelona, la sociedad actual, que venera la tecnociencia, suele estar compuesta de ciudadanos acientíficos las más de las veces. He ahí la tragedia contemporánea sin ir más lejos.

¿Qué pretende el mito de la energía limpia? En resumen, que es posible contar con ciertos tipos de fuentes de energía con un impacto ambiental nulo. Por ejemplo, es lo que han alegado los entusiastas del hidrógeno y de los agrocombustibles. Por su parte, el mito del desarrollo sostenible blasona que es factible el crecimiento económico ilimitado, como si la naturaleza fuera una cornucopia inagotable de recursos. Pues bien, he aquí un par de mitos que ponen en evidencia una ignorancia acerca de los límites impuestos por las leyes naturales. Es una ignorancia que emana del sello distintivo de la civilización industrial: la especialización. Es decir, si reparamos con cuidado, no tardaremos en advertir que los defensores de mitos como los destacados suelen corresponder al talante del especialista, con su síndrome del caballo cochero, o sea, con una cortedad de miras que coquetea con la insensatez. En cambio, los autores que propugnan por un modelo distinto de civilización, como James Lovelock (2007) y Leonardo Boff (2008), insisten en la necesidad de un saber inter y transdisciplinar, acorde con el paradigma de la complejidad, esto es, la búsqueda de soluciones para la crisis actual de civilización exige una visión holística de la problemática respectiva, no una segmentación en múltiples compartimientos estancos y desconectados por completo entre sí. Pese a la gravedad de la situación presente, el todavía reciente encuentro de Copenhague estuvo caracterizado por un diálogo de sordos entre saberes especializados, por lo cual no debe sorprender el fracaso estruendoso de semejante "encuentro".

Pero, ¿qué nos dice en concreto la termodinámica al respecto? Resumamos lo básico: la segunda ley, la de más peso, afirma que la destrucción de exergía es directamente proporcional a la generación de entropía, y el factor de proporcionalidad correspondiente es la temperatura del ambiente. En términos más aprehensibles, eso quiere decir que conforme consumimos recursos naturales, disminuye la cantidad de energía disponible para obtener un trabajo útil. Peor aún, no es posible convertir toda la energía suministrada a un sistema en forma de calor en trabajo útil, lo que se manifiesta en exergía (así, con x), o energía disponible, destruida. Así, el impacto ambiental

es inevitable. Desde luego, si nuestra civilización, llevada por el mito del desarrollo sostenible, incrementa la velocidad de consumo de recursos, aumenta por fuerza la velocidad de destrucción de exergía. Por otro lado, en tiempos de calentamiento global, ha subido la magnitud del factor de proporcionalidad antedicho, la temperatura ambiental, circunstancia que contribuye, así mismo, al incremento del ritmo de destrucción de exergía.

A fin de hacernos a una mejor idea del efecto del incremento de la temperatura ambiental, veamos un problema técnico oportuno, extraído del texto de termodinámica de José Aguilar Peris (1981). Es el problema 18-4, cuyo enunciado es éste: "Un refrigerador doméstico tiene el congelador a 4 °C y está situado en una habitación a 14 °C, consumiendo una potencia de 25 W (se supone que el proceso es reversible). ¿Qué potencia consumirá en una habitación a 24 °C si se desea mantener la misma temperatura en el congelador?". Una vez resuelto, bajo la suposición de que, para ambas opciones de temperatura de la habitación, se persigue conseguir el mismo efecto de refrigeración, se obtiene como resultado que la potencia consumida cuando la temperatura de la habitación es 10 °C más alta (24 °C) es justo el doble (50 W). En otras palabras, si un habitante de tierra fría le pagaba a la compañía de electricidad cierta tarifa por el consumo de 25 W, un tiempo después, cuando la temperatura de su tierra suba 10 °C, por esas cosas del cambio climático, tendrá que pagar ahora por un consumo que es el doble del anterior. Y eso que se resolvió el problema para el caso de proceso reversible, o sea, sin generación de entropía. Además, el aumento del consumo de energía a causa del aumento de la temperatura ambiental implica una mayor liberación de anhídrido carbónico a la atmósfera, un gas de efecto invernadero típico. Con este ejemplo, salta aún más a la vista que la termodinámica nos provee de las herramientas de análisis necesarias, pero, es cuestión de saber utilizarlas a la hora de poner en práctica el principio de responsabilidad que reclama una bioética global propiamente dicha. Como muestra dramática de esto, la reciente crisis financiera mundial, en tanto caso particular de esta crisis de civilización, era inevitable a la luz de la termodinámica (Sierra, C. 2009a).

En este orden de ideas, centremos nuestra atención en algunas cifras concretas que definen todavía mejor la crisis presente de civilización. En un ensayo de más o menos unas cuatro décadas, Freeman Dyson establece

el "orden de méritos" de las más importantes formas de energía en el universo con base en su entropía por unidad de energía. Comienza con la gravitación como la más meritoria, seguida de la energía de rotación, la energía de movimiento orbital, las reacciones nucleares, el calor interno de las estrellas, la luz solar, las reacciones químicas, el calor terrestre disipado y la radiación cósmica de microondas. Significa esto que, a mayor mérito, mayor eficiencia en el aprovechamiento de la energía (1975). Así las cosas, una central hidroeléctrica, que aprovecha la energía gravitacional, tiene una eficiencia mayor que una central termoeléctrica, cuya energía procede de la combustión de carburantes fósiles, una reacción química. Una vez ha expuesto con detalle las razones por las cuales no existe el movimiento perpetuo, ni siquiera en el sistema solar visto como máquina, Dyson deja claro que, en la Tierra, las principales fuentes de energía asequibles para nosotros son los combustibles químicos, el uranio y la luz solar.

No obstante, pese al desarrollo impresionante de la tecnociencia durante el último siglo, distamos en mucho de dominar la energía. Es justo lo que nos advierten físicos como Vittorio Silvestrini (1998) y Richard Feynman (Feynman, R.P., et al. 1977). Del mismo modo, Michio

Kaku cuando señala, en sus programas sobre astrofísica presentados en *History Channel*, que cabe clasificar a las civilizaciones de la siguiente forma, partiendo de la más avanzada en lo tecnocientífico: una civilización del tipo III es aquella que ha logrado

controlar los recursos de su propia galaxia; una civilización del tipo II ha hecho lo propio con los recursos de su sistema planetario; y una civilización del tipo I es la que ha logrado controlar los recursos de su planeta madre. En esta óptica, como apunta Kaku con fino humor, nuestra civilización actual es del tipo cero, afirmación que sugiere una alta irresponsabilidad en la administración de nuestro planeta por nuestra parte.

Prosigamos con los guarismos escalofriantes. He aquí un ejemplo espeluznante: según Alex Wissner-Gross, investigador de la Universidad de Harvard, realizar un par de búsquedas mediante la herramienta informática *Google* produce tanto anhídrido carbónico como el calentamiento de agua para preparar un café instantáneo, o sea, 14 gramos, emisiones causadas tanto por la energía consumida por el ordenador como por la requerida por los enormes bancos de datos que *Google* tiene alrededor del planeta. Recuérdese que el anhídrido carbónico es un gas de efecto invernadero. Además, cada segundo

que permanecemos conectados a la Internet, producimos 0,02 gramos de dióxido de carbono. En principio, esto no parece mucho, pero, si consideramos que cada día se llevan a cabo en el mundo unos 200 millones de búsquedas en la telaraña mundial, resulta evidente el impacto negativo de las tecnologías de la información y la comunicación sobre el ambiente. En general, este sector genera tantas emisiones de dióxido de carbono como todas las aerolíneas del mundo juntas (ABN, 2009). No es para menos, puesto que el número de ordenadores, y la cantidad de ellos conectados a la telaraña mundial, que existen en nuestros hogares, crece a un ritmo exponencial (Sánchez Ron; J.M. 2007).

En general, el funcionamiento del ciberespacio y la flamante sociedad de la información demandan una cantidad enorme de energía eléctrica. En el caso de los Estados Unidos, el 15% de la energía eléctrica consumida corresponde al sector informático. De otro lado, la lectura de un periódico en la Red emplea 10 veces más energía fósil y genera dos veces más residuos que un periódico tradicional (Fernández, D. 2010). Por consiguiente, el pretendido eslogan de la desmaterialización de la sociedad de la imagen y la información no pasa de ser otro mito sin asidero en la realidad, puesto que los impactos ambientales existen a causa del consumo de energía, de los requerimientos de materia y energía para fabricar la infraestructura correspondiente, y de los desechos generados.

Los ejemplos presentados hasta aquí dejan ver un rasgo propio de la tecnociencia dominante durante el siglo XX y estos primeros años del XXI: el énfasis puesto en la ciencia aplicada en demérito de la ciencia fundamental. Si nos fijamos con sumo cuidado, los premios Nobel otorgados en áreas como la física y la química han correspondido a temas propios de la investigación aplicada, no de la fundamental, quedando ésta en la categoría indigna de pobre dama vergonzante. Cual ejemplo concreto, la relación de los premios Nobel de Química en el siglo XX demuestra lo dicho en forma contundente. Para ello, puede revisarse la recopilación llevada a cabo por Laylin K. James (1993). Asistimos así, cómo no, al desfile constante del paradigma baconiano. En fin, tanta adoración a ultranza a la ciencia aplicada ha deteriorado sobremanera el ambiente. Los hechos correspondientes son tozudos. Veamos.

En un libro reciente dedicado a la nueva geopolítica de la energía, Michael T. Klare (2008) presenta un cuadro lúcido y desconsolador del estado actual de los recursos

energéticos del planeta: el petróleo, el gas natural, el carbón y el uranio. En general, ha quedado atrás la era del petróleo fácil, esto es, su producción ha entrado en franco declive. A la vez, sólo es cuestión de una década para que el gas natural corra la misma suerte. Es menos crítica la situación para las reservas de carbón, las cuales, se espera, durarán varias décadas todavía. Este panorama ha trastocado la geopolítica mundial, habida cuenta que, junto con las potencias habituales (Estados Unidos, Rusia, Reino Unido, Francia, Japón y Alemania), han entrado a disputar los recursos antedichos países grandes del otrora llamado Tercer Mundo, como China e India, con motivo del auge de sus procesos de industrialización. Así las cosas, los Estados Unidos ven amenazada su hegemonía mundial. En suma, la civilización actual sólo es posible si se mantiene un suministro constante de fuentes energéticas en cantidades ingentes, lo que equivale a decir que nuestra civilización es un sistema bastante frágil. En una serie reciente de programas dedicados al Armagedón, el *History Channel* brindó un pronóstico llamativo de lo que podría ser la situación de la humanidad sobreviviente tras una catástrofe que haga colapsar esta civilización. En cuestión de pocos días, la infraestructura típica de cualquier ciudad se viene a pique ante el corte del suministro de recursos, incluidos los energéticos. En lenguaje termodinámico, nuestras ciudades distan en grado sumo de generar entropía a un ritmo mínimo en sintonía con un teorema de Ilya Prigogine, situación equivalente a un estado poco estable.

A poco de dar comienzo a su libro, Klare deja bien clara la situación de hoy:

La perspectiva resulta preocupante. Un mundo de potencias crecientes y recursos menguantes está destinado a crear una competencia intensa entre un grupo cada vez mayor de naciones consumidoras de energía, que lucharán por hacerse con las reservas de hidrocarburos y otros materiales industriales clave que queden en el planeta. Para aumentar su poderío competitivo frente a estas naciones, los países más pobres en recursos energéticos pueden firmar alianzas estratégicas con Estados que sí dispongan de ellos, cimentando a menudo esos acuerdos sobre la base de envíos masivos de armamento, nuevas o renovadas alianzas militares, y despliegue de tropas en zonas inestables productoras de energía. Estos movimientos, que ya son visibles en el paisaje político, son una receta para todo tipo de conflictos, cada uno de los cuales puede algún día quedar fuera de control.

En convergencia con Klare, Wim Dierckxsens (2008), economista y sociólogo, demuestra la inviabilidad de la civilización presente administrada desde el punto de vista de la ceguera de la economía neoclásica, obteniendo como conclusión la necesidad de pensar en un paradigma de civilización por completo nuevo, un paradigma postcapitalista.

Un buen testimonio de esta crisis de recursos energéticos lo dio el Embajador de India en Colombia, Deepak Bhojwani (2009), en un congreso reciente sobre minería, petróleo y gas:

Uno de los temas que nos convoca hoy es la preocupación por la falta de energía. (...) India importa el 70% del petróleo, y, en el futuro, se prevé que continúe importando, aunque la producción interna pueda subir. En cuanto al crudo, las perspectivas no son muy optimistas, aun cuando por lo que he escuchado en este foro, parece que son muy prometedoras.

Como se ve de las palabras de Bhojwani, contrasta sobremanera su preocupación por la crisis en cuestión con el optimismo de otros ponentes, varios de ellos colombianos, quienes, por lo visto, consideran a la naturaleza como una cornucopia, especie de dispositivo de movimiento perpetuo. ¡La inocencia es muy bella! De esta suerte, la caja de Pandora continúa abierta².

Además, existe un recurso natural para el que casi no se habían visto análisis en el mismo sentido: el fósforo. Pocos meses atrás, David A. Vaccari (2009) puso en evidencia el agotamiento de las fuentes del mismo, clave en la constitución de los fertilizantes. Esa es la razón básica por lo que la crisis amenaza con desplomar la agricultura mundial; amenaza que no es precisamente despreciable, ya que, gracias a los fertilizantes artificiales, la población humana mundial quedó sextuplicada en cuestión de pocas décadas. Con mayor precisión, en sólo 200 años, la población humana quedó multiplicada por siete, un hecho sin precedentes. De facto, la crisis agrícola que se anuncia va de la mano con el agotamiento de los combustibles fósiles dada su alta dependencia de estos energéticos por el consumo de energía para la fabricación de fertilizantes, el funcionamiento de los tractores y la maquinaria agrícola, etc. En otras palabras, la población mundial enfrenta la amenaza de una reducción drástica en el transcurso de la próxima centuria.

Como quiera que sea, abundan los análisis como los de Klare y los otros autores señalados. En materia de análisis de actualidad, permitámonos añadir otro, de Joaquín Sempere, profesor de sociología de la Universidad de Barcelona:

La realidad misma nos va a imponer el racionalismo, nos va a provocar colapsos, un caso clarísimo es el del petróleo, que se va a acabar y todo el mundo lo sabe aunque nadie lo diga y, de hecho, hay quien sostiene que ya actualmente hemos entrado en la fase de declive y, realmente, puede ser que sea así. Es el dicho: ¿no quieres dejar el consumo, parar de consumir? Tranquilo que la realidad te va a obligar a ello, te lo va a imponer. Y, si no hay gente que ha hecho ese discurso de decrecimiento, crecimiento cero, de la frugalidad, si nadie ha pensado en eso ni lo ha divulgado, seguiremos con los mismos mitos de que es posible seguir creciendo y hay que acabar con ellos.

(...) A lo que creo, en general, es que, más que a una reducción del consumo voluntaria, iremos a una frugalidad impuesta por la realidad misma y que, si no hay programas de acción individual, colectiva y política también para administrar adecuadamente esta escasez de recursos que se nos viene encima, si no hay racionalidad en este punto y espíritu de solidaridad, podemos entrar en una fase regresiva de decadencia de la civilización, de segregación social y de conflictividad dentro y fuera de los países (Regueira, S. 2010).

Bueno, los hechos son tozudos. De otra parte, cuando se revisa la literatura más antigua sobre este tema, se descubre que algunos de los pronósticos de unas cuatro o cinco décadas atrás eran bastante menos pesimistas en comparación con el momento actual, sin ser por ello precisamente halagüeños. Para la muestra, M. King Hubbert (1975) dejó este pronóstico hacia el año 1971:

Es difícil que la gente de nuestros días, acostumbrada a un aumento exponencial constante del consumo de energía procedente de combustibles fósiles, se dé cuenta de lo efímera que es la era de los combustibles fósiles, contemplada desde una perspectiva histórica. Situémonos en una perspectiva de diez mil años, la mitad de ellos anteriores al momento presente y la otra mitad posteriores. En semejante escala, el ciclo completo de la explotación de los

combustibles fósiles del mundo será quizá de mil trescientos años, y el período de mayor intensidad del ciclo (aquel que comprende todo él excepto los períodos de extracción y combustión del 10 por 100 inicial y del 10 por 100 final del combustible) será sólo de unos trescientos años.

Ante pronósticos como éstos, sorprende la ilusión del mito del desarrollo sostenible, especie de versión ilustrada del movimiento perpetuo. Por así decirlo, quienquiera que crea en los mitos de la energía limpia y del desarrollo sostenible reprobó asignaturas como termodinámica, ecología y bioética global en forma simultánea. Desconocer el principio de realidad acarrea consecuencias funestas para nuestra civilización.

Sin embargo, este pesimismo moderado de otrora en comparación con la situación actual no fue tan uniforme, como lo ilustra una apreciación de Jürgen Voigt (1971) dicha en 1969:

Un inventario de los últimos cien años parece demostrar que la ciencia ficción pudiera convertirse un día en amarga realidad. (...) Siempre que el hombre, en el curso de su historia, intervino en la estructura viva de su ambiente, conformándolo y destruyéndolo, vulneró reiteradamente una ley que rige para él como para todo ser vivo: la ley del equilibrio.

Y, en relación con la desmesura de la sociedad industrial, ofrece esta conclusión demoledora:

Pero la reserva de oxígeno de la Tierra es limitada. Incluso hay científicos que profetizan que quizá llegue un día en el que a nuestros descendientes les "falte el aire", pues el progreso técnico consume oxígeno en cantidades ingentes. He aquí un cálculo hecho en los Estados Unidos: en 1968, se consumió en la incineración de materias combustibles fósiles (carbón, petróleo) una cantidad de oxígeno equivalente a 30 tanques de 10 kilómetros de largo, ancho y alto. ¡Treinta tanques, cada uno más alto que el monte Everest! Pero la vegetación de la zona sólo era capaz de reponer el 60 por 100 de la cantidad de oxígeno consumida.

A mi juicio, un síntoma diciente del carácter energívoro de la sociedad industrial es el calambre mental contemporáneo de los mal llamados biocombustibles (una denominación menos torpe es la de agrocombustibles), solución insensata y errada por completo a fin de superar

la situación presente de agotamiento de los recursos energéticos no renovables. Acerca de esto, cabe encontrar en la actualidad un buen número de estudios que reflejan bien tal insensatez. Entre éstos, señalemos aquí uno elaborado con rigor por Aurelio Suárez (2008), del cual extractamos algunos datos relevantes.

En primera instancia, Suárez deja claro que los agrocombustibles apuntan a conformar una nueva matriz energética que permita la salvaguarda de los intereses económicos del Primer Mundo, lo cual significa que tales economías son vulnerables en virtud de la superproducción, el déficit energético y las crisis financieras recurrentes. Además, el Primer Mundo carece de la suficiente superficie agrícola que le permita producir la suficiente biomasa para la producción de agrocombustibles (biodiesel y bioetanol). Por tanto, dicho Mundo presiona al Tercero para que aporte las hectáreas faltantes, situación que conlleva la destrucción de los sistemas agrícolas y alimentarios tradicionales, amén de la aniquilación ambiental. Por así decirlo, mientras el Primer Mundo se queda con la parte del león, al Tercero le corresponde la parte del ratón.

En segunda instancia, el impacto ambiental de lo que cabe denominar mejor como necrocombustibles queda reflejado en el hecho que el etanol proveniente de la canola y el maíz produce, respectivamente, el 70% y el 50% más de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles tradicionales, según demostró un equipo de investigación dirigido por Paul Crutzen, receptor del premio Nobel de Química y una de las principales autoridades sobre clima en el mundo. De otro lado, Simon Johnson, economista jefe del FMI, ha acotado esto que sigue (Suárez, A. 2008): "La fabricación de etanol a partir de maíz no genera mucha energía neta: se utiliza casi la misma cantidad de petróleo para producir y transportar etanol que para generar el equivalente de gasolina; además, tampoco se reducen en gran medida las emisiones de carbono. Pero sí se eleva el precio del maíz". Como se ve, la estupidez campea a sus anchas, el conocimiento de las limitaciones impuestas por los principios termodinámicos no forma parte de la cultura científica de los tecnócratas. Para colmo, el *boom* de los agrocombustibles implicará la muerte por hambre y sed de 3000 millones de seres humanos, casi media humanidad. Sencillamente, no hay derecho.

Concluamos este aparte con E. F. Schumacher, autor de un libro memorable, *Lo pequeño es hermoso*. En el mismo, hacia 1973, señalaba que la humanidad debía

Los propios padres fundadores de la termodinámica temieron los peores efectos del desarrollo de la sociedad industrial. En realidad, si rastreamos con atención el despliegue del industrialismo desde entonces, suele destacar la asimilación entusiasta de las aplicaciones técnicas de la termodinámica casi sin parar mientes en las limitaciones impuestas por la fuerza legislativa de dicha disciplina, sobre todo por la segunda ley, tan mal comprendida entonces como ahora.

desarrollar sociedades que fuesen menos exageradas en el uso de la electricidad y otras formas de energía. Es más, estimaba que este cambio de dirección debía ser inmediato y urgente (Schumacher, E.F. 1983). De hecho, consideraba como una transgresión sin precedentes en contra de la vida misma los peligros inherentes a la energía nuclear, una transgresión tal que es una monstruosidad ética, espiritual y metafísica, puesto que significa conducir los asuntos económicos como si la gente careciese de importancia. Además, el fenómeno tecnológico se conduce de acuerdo con unas leyes distintas a las naturales, esto es, mientras la naturaleza siempre sabe dónde y cuándo detenerse, tendiendo al equilibrio, no ocurre así con la tecnología, con el hombre dominado por la tecnología y la especialización, puesto que la tecnología no reconoce principio alguno de autolimitación, en términos de tamaño, velocidad o violencia. De este modo, la tecnología no está en sintonía con el equilibrio, siendo un cuerpo extraño en el sistema sutil de natura. De ahí que el consumo energético sea desmesurado en la sociedad industrial. Y es justo lo que Iván Illich, el crítico más lúcido de la sociedad de marras, denominó con certeza como tecnología dominante, por contraste con la tecnología convivencial (2006b), eje central del aparte que sigue.

LA CORRUPCIÓN DEL VOCABLO ENERGÍA Y SU CAMPO SEMÁNTICO

Los ejemplos brindados hasta ahora son apenas una selección exigua. Hay muchos más, pero apuntan a lo mismo: la creencia ingenua en los mitos del desarrollo sostenible y la energía limpia, fruto de la incompreensión insensata de las limitaciones al crecimiento económico impuestas por la fuerza legislativa de la termodinámica. Como quiera que sea, la incultura científica campea por doquiera, máxime que la energía como concepto no permea a la tecnocracia de hoy. Tampoco como intuición. Para colmo de males, tamaña incultura infecta la formación científica y técnica en las instituciones de educación superior, situación fomentada por la propia corrupción del lenguaje. Y, si de formar la conciencia bioética global rigurosa se trata, es menester separar el oro de la paja como he procurado alertar en otras ocasiones (Sierra, C. 2010a). Esto quiere decir que se impone el deber intelectual de elucidar el campo semántico correspondiente.

En rigor, hay autores que, desde hace tiempo, han intentado poner los puntos sobre las íes al respecto cuando han alertado acerca de la crisis ecológica.

En primera instancia, Suárez deja claro que los agrocombustibles apuntan a conformar una nueva matriz energética que permita la salvaguarda de los intereses económicos del Primer Mundo, lo cual significa que tales economías son vulnerables en virtud de la superproducción, el déficit energético y las crisis financieras recurrentes. Además, el Primer Mundo carece de la suficiente superficie agrícola que le permita producir la suficiente biomasa para la producción de agrocombustibles (biodiesel y bioetanol).

Barry Commoner habla de una masacre termodinámica cuando señala la forma insensata de generar, transportar y distribuir la energía eléctrica. Jeremy Rifkin y Ted Howard (1990) potencian el análisis económico al tomar en cuenta los principios termodinámicos y sus limitaciones al crecimiento económico. Enzo Tiezzi (1990), quien conoció a Commoner, y tomando en cuenta a Rifkin y Howard, va más lejos al destacar que los ritmos propios de la sociedad industrial implican un ritmo de generación de entropía que excede los de natura, situación que significa el suicidio de tal modelo de sociedad, puesto que ello implica que tal modelo va en contravía a lo prescrito por el teorema de mínima producción de entropía de Prigogine, esto es, si un sistema termodinámico abierto funciona en estado estacionario, se genera entropía a un ritmo mínimo. Así las cosas, la sociedad industrial, vista como sistema termodinámico, al estar lejos de este mínimo, no está en un estado estacionario, o sea, consume recursos naturales a una velocidad mayor a la que la naturaleza puede reponerlos, a la vez que contamina en cantidades ingentes con el deterioro ambiental consecuente, por lo que su colapso resulta inevitable a la postre.

Ahora bien, esta forma de abordar las sociedades tiene su talón de Aquiles, cuestión sobre la que reparó con rigor Iván Illich (2008a), quien va más lejos. En una conferencia dada el 9 de noviembre de 1986 ante la *Entropy Society* de Japón, exploró los límites en los que la noción de entropía puede aplicarse en forma útil a los fenómenos sociales, esto es, fuera del ámbito tecnocientífico. A poco de empezar, Illich hizo ver que la gente se apropia de la *no palabra* "entropía" con el fin de incluir la degradación social engendrada por el capitalismo como un caso más de una ley natural general. Empero, la degradación de la diversidad cultural por parte del modo de producción capitalista no es una ley natural, sino el fruto de la codicia. En otros términos, hay un abuso al comparar la devastación de la diversidad cultural con la degradación cósmica. En palabras de Illich: "En cuanto metáfora, la entropía puede ser reveladora. Pero, en cuanto análogo, sólo puede ser engañosa". El conspicuo intelectual hacía hincapié en el hecho que las palabras creadas a partir de nociones técnicas son inadecuadas para un uso metafórico, es decir, al pasar los términos técnicos a un discurso ético, suelen eclipsar el significado moral dada su carencia de connotaciones. De esta forma, en el lenguaje corriente, "entropía" pierde el poder de designar una fórmula, a la vez que pierde el género de connotación de las palabras

fuerzas. En el discurso político, "entropía" toma un giro científico falaz. Y, como apunta Illich: "enmascara una perversión moral que, de otra manera, descompondría al locutor, pues da la impresión de que lo que formula es científico y está cargado de sentido".

En consecuencia, esta situación requiere un nuevo término capaz de dar cuenta de la degradación cultural. Illich ofrece la palabra "desvalor":

El término que denomina esta desviación debería ser tal que denotara la naturaleza histórica y moral de nuestra tristeza, la perfidia y la depravación que causan la pérdida de la belleza, de la autonomía y de esta dignidad que da su valor al trabajo del hombre. La entropía implica que la devastación es una ley cósmica, que comenzó con el Big-Bang. Ahora bien, la degradación social que hay que designar no coexiste con el universo; es algo que, en la historia de la humanidad, tiene un inicio, y a la que, entonces, se le podría poner un fin.

En estas circunstancias, el término "desvalor" denota la degradación del valor, la destrucción de los ámbitos de comunidad y de las culturas, del mismo modo que "entropía" lo hace con la degradación de la energía hacia formas inútiles. De esta suerte, se procura evitar las contradicciones entre la degradación social y la degradación física. En concreto, mientras el trabajo físico aumenta la entropía, la productividad económica de este trabajo es posible merced a la desvalorización de las actividades culturales tradicionales, esto es, el valor económico se acumula por obra y gracia de la devastación de la cultura.

La conferencia mencionada concluye con la advertencia de la imposibilidad actual de lograr la igualdad entre los hombres, lo mismo que de una oportunidad igual de sobrevivencia. Mucho antes, en *La sociedad desescolarizada*, Illich (2006c) dejó claro que ni siquiera los Estados Unidos, la nación más rica del planeta y con mayor desarrollo tecnocientífico, estaba en capacidad de darle educación superior a todos los estadounidenses, habida cuenta que los sistemas educativos aún dominantes están basados en el flujo de cantidades ingentes de materia y energía. Y, claro está, a despecho de lo que diga la economía neoclásica, la naturaleza no es una cornucopia.

A grandes rasgos, el motivo central de la obra de Illich es la crítica al modo de producción capitalista, más pertinente hoy, en pleno liberalismo económico, el

capitalismo postmoderno. Sin embargo, la suya no es crítica marxista, pues, su factura cristiana es patente. De ahí que no sorprenda que la bioética, en el sentido de bioética clínica, sea objeto de su crítica demoledora. En un debate realizado el 20 de noviembre de 1987 en la Facultad de Medicina de la Universidad de Illinois, Iván Illich y Robert Mendelsohn (Illich, I. 2008c) hicieron un llamado a desmontar la bioética, alegando que la ética médica es un oxímoron como el que más. Consideraban que, desde 1970, la bioética se propagó cual epidemia, creando una imagen de elección moral en un contexto intrínsecamente inmoral. En suma, se trata de una crítica a la bioética clínica que parece convergente con la denuncia constante de Van Rensselaer Potter en cuanto a que la bioética de marras no correspondía a su concepción de la bioética como global, denuncia que quedó plasmada en su libro *Global Bioethics* (Potter, V.R. 1988), en el cual señala la manipulación ideológica que, de la bioética, llevó a cabo el neoliberalismo en conformidad con sus fines crematísticos.

En todo caso, Illich y Mendelsohn señalaron que la medicina ya no estaba interesada en el sufrimiento de la persona enferma, sino que el objeto de sus cuidados es ahora algo llamado "la vida humana", objeto de la gestión médica, profesional y administrativa, por lo que estamos ante una empresa viciada. En semejante estado de cosas, caben dos soluciones: (1) cambiar el vocablo "bioética" por otro acorde con la concepción potteriana; o (2) mantener dicho vocablo de la mano con la recuperación de su sentido prístino.

Así las cosas, es de utilidad la elucidación hecha de la energía y su campo semántico de suerte que permita reducir en forma significativa la carga ideológica de la denominación bioética global causada por los corifeos y prosélitos del liberalismo económico. En otras palabras, procurar que el concepto de energía haga las veces de *leitmotiv* para la bioética global.

Habiendo puesto en claro los contextos de los términos entropía y desvalor, podemos entender mejor la noción de megamáquina, término debido a Lewis Mumford (Mitcham, C. 1989). De facto, no es una noción asociada al capitalismo reciente, pues, sus orígenes datan de cinco milenios atrás, con ejemplos como los grandes ejércitos y las cuadrillas de trabajo organizadas para la construcción de las pirámides y la Gran Muralla China. Así mismo, Ramón Fernández Durán (2010) hace uso de tal noción a fin de describir la situación presente de crisis del capitalismo postmoderno y

el previsible colapso de la civilización, con la crisis energética mundial de por medio. Ahora bien, a diferencia de las megamáquinas antiguas, la de ahora se caracteriza por su dimensión global, al punto que el capitalismo postmoderno se ha transformado en el principal agente geomorfológico. Es decir, el sistema urbano-agro-industrial de hoy mueve un tonelaje de materias primas muy superior a cualquier fuerza geológica. Por ejemplo, el uso medio de materiales en los Estados Unidos es de 80 toneladas per cápita; en la Unión europea, de 45; en China, de 19; y de 7 en los espacios periféricos no emergentes (Durán, 2010). Para decirlo en forma lapidaria, la sociedad global es energívora a más no poder. En fin, como señala Mitcham, si bien la megamáquina aporta beneficios materiales extraordinarios, esto es posible sólo a expensas de una limitación de las actividades y aspiraciones humanas, lo cual es, desde luego, deshumanizante. O sea, la megamáquina genera desvalor a la par que entropía. El propio Lewis Mumford decía lo siguiente: "Para salvar en sí misma a la técnica, tenemos que establecer límites en su hasta ahora incompetente expansión". El resultado de tal enfoque corresponde a lo que Illich llama la tecnología convivencial.

Bien mirado el asunto, no sorprende el panorama actual de capitalismo global, postmoderno, energívoro. En *La rebelión de las masas*, José Ortega y Gasset aclara esto que sigue (Ortega & Gasset, J. 1961):

Hace algunos años destacaba el gran economista Werner Sombart un dato sencillísimo, que es extraño no conste en toda cabeza que se preocupe de los asuntos contemporáneos. Ese simplicísimo dato basta por sí solo para aclarar nuestra visión de la Europa actual, y si no basta, pone en la pista de todo esclarecimiento. El dato es el siguiente: desde que en el siglo VI comienza la historia europea hasta el año 1800, por tanto, en toda la longitud de doce siglos, Europa no consigue llegar a otra cifra de población que la de 180 millones de habitantes. Pues bien: de 1800 a 1914, por tanto, en poco más de un siglo, la población europea asciende de 180 a ¡460 millones! Presumo que el contraste de estas cifras no deja lugar a duda respecto a las dotes prolíficas de la última centuria. En tres generaciones ha producido gigantescamente pasta humana que, lanzada como un torrente sobre el área histórica, la ha inundado.

En otras palabras, el auge del modo de producción capitalista quedó facilitado por el incremento de la

población entre otros factores, incremento favorecido a su vez por el desarrollo tecnológico, panorama correspondiente al reinado del hombre-masa analizado con tanta lucidez por el insigne filósofo español, un hombre-masa devoto al extremo de la tecnología y de espaldas al humanismo y la alta cultura. No obstante, conviene advertir que este panorama de crisis de civilización no es obra exclusiva del modo de producción capitalista, puesto que, así mismo, el modo de producción socialista soviético es tan culpable como el capitalismo occidental, habida cuenta que ambos modos de producción comparten su fidelidad al paradigma baconiano de conquista de la naturaleza. Por su parte, Hans Jonas (2004) fue claro al señalar que, si acaso, el marxismo soviético ha sido un poco menos dañino del ambiente. Pero, la diferencia no es mucha. Por ejemplo, baste pensar en el deterioro ambiental de la cuenca del mar Aral en el Asia central soviética, catástrofe ecológica todavía vigente. Incluso, ciertos intelectuales de izquierda han aportado críticas duras al marxismo soviético. A guisa de ejemplo a este respecto, mencionemos aquí las críticas de Enzo Tiezzi y Laura Conti, cuando ambos destacan que, a mayor demanda de reivindicaciones materiales para los obreros, mayor impacto ambiental (Tiezzi, E. 1990). O las críticas de Heinz Dieterich (2003) al distinguir la concepción del socialismo del siglo XXI de la del marxismo soviético, concepción en sintonía con la sana armonía entre hombre y naturaleza. En suma, ambos modos de producción han sido nefastos para el bienestar de *Gaia*, la cual, como señala James Lovelock (2007), terminará por expulsarnos de su seno al habernos comportado como unos gamberros.

Por supuesto, la insensatez de la noción de megamáquina prosigue al plantearse soluciones tecnológicas dominantes de cara al problema de la crisis ecológica. Es justo la concepción de la geotecnología o ingeniería planetaria, cuyo error radica en tratar de solucionar el problema de marras sin cuestionar las contradicciones de fondo de la sociedad industrial, el paradigma de civilización vigente. En estas condiciones, aún falta mucho para llevar a la práctica la concepción de Illich de una sociedad convivencial.

La ciencia ficción permite captar el absurdo inherente a las soluciones tecnológicas dominantes de alcance planetario. Tomemos un ejemplo de un libro de Sergio Palacios (2008): la película *Soylent Green*, un clásico del cine de ciencia ficción protagonizado por Charlton Heston, quien hace el papel de un detective, Robert

Thorn, cuya investigación de unas muertes termina por descubrir la clave de la fuente de alimentación de la humanidad en un futuro cercano a nuestro tiempo: el año 2022. El alimento de la gente de todo el planeta son unas galletas verdes, denominadas *Soylent Green*, un producto que, según los fabricantes, estaba hecho con soya. Por desgracia, como descubre Thorn, tales galletitas están hechas de... cadáveres humanos. De facto, los fabricantes procesan en sus plantas los cuerpos de todos los que fallecen. Pero, como advierte Sergio Palacios, ¿es una forma práctica de alimentar a la población mundial? Al hacer unos cuantos cálculos, Palacios concluye que, para alimentar a una persona en un año, es menester contar con siete difuntos enteros. Si aplicamos esto al momento actual, sería menester contar con unos 35 mil millones de cadáveres... al año. La solución es absurda a más no poder.

También con gran lucidez, Leonardo Boff (2008) alerta en este sentido cuando analiza los pormenores de la nanotecnología. En forma concreta, para el problema del calentamiento global, se ha propuesto la colocación de nanopartículas en la superficie de los océanos o en la estratosfera con objeto de enfriar la Tierra y reequilibrar los climas. Empero, como reza el refrán, 'de eso tan bueno no dan tanto', puesto que, como se sabe de un experimento hecho en el mar que se extiende entre Nueva Zelanda y la Antártida, en el que se esparcieron nanopartículas de hierro de 20 nanómetros con el fin de producir plancton como medio para absorber el anhídrido carbónico y, de paso, reducir la temperatura, de forma sorprendente y aterradora, el efecto fue mucho mayor de lo esperado, lo que llevó a uno de los científicos involucrados a declarar lo siguiente: "Si tuviera medio petrolero de nanopartículas, podría ocasionar una nueva era glacial en el planeta". Así, se ve que no estamos en posición de controlar el poder inmenso que la tecnociencia ha puesto en nuestras manos. Seguimos siendo una civilización del tipo cero, en plena adolescencia tecnológica.

La adolescencia de marras queda bien plasmada en las certeras críticas de Brodianski (1989) a la energética actual, atrapada en un callejón sin salida. Al concluir su maravilloso libro sobre la historia del movimiento perpetuo, él deja claro que, hoy día, se da una "concentración de la ignorancia", hecho todavía más notorio si consideramos que los promotores actuales de móviles perpetuos son doctores y candidatos a doctor en ciencias e ingeniería,

lo que sugiere una comprensión deplorable de las leyes naturales a despecho de esa educación tecnocientífica de alto nivel. Este fenómeno ha sido de lo más evidente con un episodio del pasado cercano, el de la máquina energética de Joe Newman, otra pretensión de móvil perpetuo, cuya notoriedad reside en el ruido que se le hizo en el propio Congreso de los Estados Unidos según relata el asunto Robert Park (2001) con pelos y señales, puesto que varios senadores norteamericanos presionaron para que se le diese una patente a la máquina en cuestión, lo que equivale a decir que trataron de derogar las leyes de

la termodinámica a pupitrazo limpio. Sin ambages, esto significa que el grueso de la humanidad ignora las implicaciones mismas de la termodinámica.

DIMENSIÓN EDUCATIVA ALTERNATIVA

La revisión de la literatura educativa de las últimas seis décadas, lapso en el que se ha dado el aumento dramático del consumo de energía en el mundo por obra y gracia de la exacerbación del programa baconiano, demuestra el descuido craso de la crisis de civilización actual por parte del colectivo de los educadores, reflejo mismo de su obnubilación con modas pedagógicas que van y vienen, como el constructivismo, típico discurso anticencia que poco o ningún servicio le presta a la causa de la cultura y de la formación integral real del ser humano. Al fin y al cabo, el constructivismo, parte de la ideología postmoderna, no es ajeno a la lógica cultural del capitalismo tardío, su aparato ideológico. Y las consecuencias nefastas de semejante discurso conciernen así mismo a la educación ambiental. Botón de muestra, un artículo de Julie Cupples (2009), de factura postmoderna y relativista típica, dice mucho al respecto. Su cuarta sección se titula *The social construction of air pollution*, como si el consenso de una comunidad fuera el garante de la existencia o no de la contaminación de una zona, a despecho de la evidencia fáctica. Desde luego, negar la contaminación apelando a un consenso resulta bastante ventajoso para los intereses de los gobiernos y las transnacionales. Y estamos hablando de un artículo de uso amplio en postgrados del área de ingeniería ambiental por parte de personas desaprensivas que no disimulan su enemistad con el pensamiento científico genuino, lo cual da una buena idea de la chatarra ideológica con que envenenan la mente y el espíritu de los ingenieros de hoy, cuya matriz humanista es bastante enclenque de por sí.

Siendo así, el rigor intelectual exige escoger la literatura educativa que se encuentre en armonía con la preservación de la vida. Sobre esto, las últimas dos décadas han visto la aparición de múltiples obras en tal sentido, sobre todo procedentes del ámbito de los medios alternativos de comunicación, y cuyos autores, con amplia solvencia moral e intelectual, profesan en diversas universidades.

El rigor intelectual exige escoger la literatura educativa que se encuentre en armonía con la preservación de la vida. Sobre esto, las últimas dos décadas han visto la aparición de múltiples obras en tal sentido, sobre todo procedentes del ámbito de los medios alternativos de comunicación, y cuyos autores, con amplia solvencia moral e intelectual, profesan en diversas universidades.

tono con la crisis de civilización contemporánea. Desde el principio, toma en cuenta la crisis del modo de producción capitalista a fin de ubicar la crisis educativa y el planteamiento consecuente de alternativas a ésta, centradas en la necesidad de un nuevo paradigma de civilización, el postcapitalismo, habida cuenta que el actual ha llegado a un callejón sin salida. En su concepción alternativa, Díez conecta con acierto conceptos como democracia real, libertad, equidad, justicia, seguridad común, paz y ciudadanía real con lo que llama el uso sostenible de los recursos naturales y su apropiación social. Esto implica el predominio del valor de uso sobre el valor de cambio, idea que evoca el pensamiento convivencial de Iván Illich. En suma, una sociedad en equilibrio entre sí, con el ambiente y con la biocapacidad del planeta. Obsérvese que esto implica replantear la educación en forma radical, algo totalmente nuevo en la historia de la humanidad.

La reciente serie de televisión titulada *El Armagedón*, presentada por el *History Channel*, al considerar el deterioro inevitable de las obras humanas una vez colapsa esta civilización por una u otra causa, en uno de sus capítulos, abordó un aspecto provocativo, a saber: la mutación sufrida por la educación. En pocas palabras, se trata del hecho que, en tales condiciones, las universidades y otras instituciones de similar jaez desaparecen (gracias a Dios) y la humanidad sobreviviente debe reinventar la educación. Lo presentado en dicho programa muestra la reaparición de formas educativas casi extintas en la actualidad ante el auge avasallador de los flamantes sistemas educativos de hoy, negadores de la autonomía humana. En concreto, las formas educativas que reaparecen están a buen tono con la educación convivencial analizada con tino por Iván Illich (2006c) varias décadas atrás. De suerte que los realizadores de dicha serie han demostrado un gran sentido común al plantear formas educativas convivenciales en un escenario de colapso de la civilización energívora. Y no puede ser de otro modo, habida cuenta que Jeremy Rifkin y Ted Howard (1990) dejaron bien establecido que la educación de nuestro tiempo, orientada hacia la especialización, genera mucha entropía, hecho notorio si reparamos en la cantidad ingente de recursos requeridos para educar a un porcentaje bastante exiguo de la población. Recuérdese que ni siquiera los propios Estados Unidos están en posición de darle educación superior a todos los norteamericanos. Educación convivencial, investigación convivencial, civilización convivencial, he ahí la clave desde la óptica del uso racional de la energía.

El hecho que la educación de hoy, dominante y para nada convivencial, genere mucha entropía no sorprende si tomamos en cuenta la famosa Paradoja de Jevons. Éste, en un informe al Parlamento Británico en 1865, planteó que la mejora en la eficiencia de las máquinas de vapor no implicaba un consumo menor de carbón, sino que, antes al contrario, fomentaba una mayor expansión de la industrialización y el consumo. Bueno, sucede que las nuevas tecnologías de la información y la comunicación adolecen también de esta paradoja dada su mayor eficiencia, esto es, facilitan la masificación al promover un uso mayor de los recursos, masificación que, así mismo, pone al alcance de las manos de más gente el poder propio de la tecnología, el cual, manejado con irresponsabilidad, incrementa en forma explosiva la capacidad depredadora de la naturaleza por parte de esta civilización demencial (Fernández, R. 2010). En otras palabras, crece más y más el consumo de energía en sintonía con el mito del desarrollo sostenible, oximórico como el que más.

Por si acaso no bastasen los análisis sesudos de Illich, Rifkin, Howard y Fernández, entre otros autores por el estilo, la tozudez de los hechos nos vuelve al camino del rigor intelectual. Un grupo entusiasta de estudiantes de postgrado españoles, bajo la inspiración de su maestro, Carlos Fernández Liria, ha ofrecido unos análisis de lo más interesantes acerca de la mercantilización de la educación europea por obra y gracia de la Declaración de Bolonia (Alegre, L. & Moreno, V. 2009). Para decirlo en forma lapidaria, el testimonio de tales estudiantes, antiguos participantes en las protestas contra Bolonia unos años atrás, deja bastante claro que los sistemas educativos actuales han quedado configurados en sintonía con los preceptos de la sociedad industrial y su programa baconiano, diagnóstico en perfecta sintonía con lo brindado por Enrique Javier Díez Gutiérrez y tantos otros autores que han aportado a este respecto hacia las últimas dos décadas.

En estas condiciones, la educación dominante actual, en todos sus niveles, provoca náuseas al coonestar la depredación y destrucción sin límites de Gaia. Y, si en Europa llueve, por aquí no escampa. Esta situación de hoy, de franca depravación cultural, contrasta sobremanera con la concepción de la educación superior según Wilhelm von Humboldt (2005): "El Estado no debe tratar sus universidades ni como centros de educación secundaria ni como escuelas especiales, y no ha de valerse de su academia como si fuera una diputación técnica o científica". En esta perspectiva, Humboldt no perdía de vista

el papel de la Universidad en tanto reserva moral, idea a tono con lo que, mucho tiempo después, dirá José Ortega y Gasset sobre lo que, se supone, es la Universidad: "La inteligencia como institución". Por desgracia, las concepciones de Humboldt y Ortega han caído en el olvido.

El hecho incontestable de las contrarreformas neoliberales del último cuarto de siglo no es, ni mucho menos, una situación nueva, no hay creatividad alguna al respecto. Ortega y Gasset nos brinda una buena pista de ello en *La rebelión de las masas* (Ortega, J. 1961):

Pero las ciencias experimentales sí necesitan de la masa, como ésta necesita de ellas, so pena de sucumbir, ya que en un planeta sin fisicoquímica no puede sustentarse el número de hombres hoy existentes. (...) La desproporción entre el beneficio constante y patente que la ciencia les procura y el interés que por ella muestran es tal, que no hay modo de sobornarse a sí mismo con ilusorias esperanzas, y esperar más que barbarie de quien así se comporta. Máxime si, según veremos, este despegue hacia la ciencia como tal aparece, quizá con mayor claridad que en ninguna otra parte, en la masa de los técnicos mismos –de médicos, ingenieros, etc., los cuales suelen ejercer su profesión con un estado de espíritu idéntico en lo esencial al de quien se contenta con usar del automóvil o comprar el tubo de aspirina-, sin la menor solidaridad íntima con el destino de la ciencia, de la civilización.

Ésta es una situación de fácil constatación en cualquier facultad de ciencias o ingeniería. De nuevo, los hechos son tozudos al respecto. Ese ánimo de los técnicos por obtener el mayor "beneficio constante y patente" de la ciencia queda reflejado en sus instrumentos. Ejemplos son las herramientas de cálculo, pues, si reparamos en la historia correspondiente del siglo XX, la regla de cálculo, primero, y, después, las calculadoras, mecánicas y electrónicas, junto con los potentes ordenadores de hoy día, han posibilitado el diseño y la realización de megamáquinas mucho más impresionantes que las de otrora, merced a las cuales se ha llegado a la situación actual de una civilización con poderes geomorfológicos evidentes, con un amplio despliegue de flujos de materia y energía. En consecuencia, el paso a un nuevo paradigma de civilización postcapitalista connota el replanteamiento radical de la formación de los técnicos, irresponsables como los que más con el inmenso poder que la tecnociencia ha puesto en sus manos. No olvidemos la sensata advertencia de Ortega

y Gasset: a los técnicos de hoy, científicos, médicos e ingenieros, les importan un bledo los principios de la civilización y la alta cultura. Por tanto, ¿cómo lograr que asimilen el espíritu de un paradigma de civilización convivencial? Sin duda, éste es un gran reto para el remozamiento genuino de la educación.

James Lovelock (2007) es muy preciso, en las últimas páginas de su libro, al proponer un nuevo paradigma de civilización, con una población humana mucho menor, entre quinientos y mil millones de habitantes, paradigma acorde con una existencia armoniosa entre los humanos y Gaia. Por ende, con una base energética en conformidad con los límites impuestos por los principios termodinámicos, base que, en palabras de Illich, no debe superar cierto umbral. A guisa de ejemplo, en el caso de los sistemas de transporte, este umbral está en los 25 kilómetros horarios, por encima del cual, según cuidadosa argumentación de Illich, resulta inevitable la inequidad social y la destrucción de la naturaleza (Illich, I. 2006a). Por otro lado, Lovelock no defiende la continuidad de instituciones educativas como las universidades en un mundo posterior al colapso civilizatorio. Es práctico, pues, propone la escritura de una guía, en papel de calidad y duradero, cuyo coste energético es bajo, que ayude a los sobrevivientes de la catástrofe a reconstruir la civilización sin repetir los errores de ésta. Sucede que los medios de hoy (televisión, radio, libros, revistas, periódicos, Internet, etc.) poco dicen al respecto, lo que los torna en más bien inútiles, diagnóstico que incluye a las publicaciones científicas y académicas, de las que están muy bien pagados el grueso de sus autores, tan vanidosos las más de las veces. ¡Vaya ironía! Como señala Lovelock, los artículos y libros científicos están escritos en un lenguaje tan arcano que incluso los propios científicos sólo entienden los de su especialidad. De manera, pues, que, una vez colapse esta civilización de la sinrazón, los medios de información serán inútiles para efectos prácticos, cuestión que implica un replanteo radical de la educación, de factura convivencial propiamente dicha.

Influido por Lovelock y su libro, Leonardo Boff (2008) brinda una serie de sugerencias para el cuidado de Gaia, concebidas a fin de educar a toda la gente en general, no a los reductos de especialistas envanecidos con su supuesta sapiencia, como si éstos fueren hombres condenados a vivir entre bestias. Son sugerencias que apuntan a cambios en nuestra mente, en la vida cotidiana, en las relaciones con el ambiente, etc. Al fin y al cabo, la bioética global propiamente dicha, purgada de la demencial

carga ideológica neoliberal, por tanto, una bioética global saturada de convivencialidad, compete a todos los seres humanos sin ir más lejos. Sin embargo, como no hay peor ciego que aquel que no quiere ver, a despecho de la lectura que cabe hacer de la bioética global desde la energía como leitmotiv, el panorama actual es en extremo preocupante, puesto que nos estamos jugando nuestra propia continuidad sobre la Tierra. Es una ceguera inducida por la cosmovisión occidental de acuerdo con lo aclarado por Ramón Fernández Durán (2010):

(...) un aspecto muy importante que explica esta invisibilidad de la crisis ecológica es la propia aproximación a la Naturaleza por parte del pensamiento occidental dominante, un pensamiento que, como hemos visto, se globaliza en el siglo XX, aunque adoptando la forma de múltiples modernidades al final del mismo. Un pensamiento basado en la idea de Progreso constante, y en los mitos de la producción y crecimiento, que, finalmente, se acaban imponiendo en el mundo entero. Pero este pensamiento está basado también en fuertes dualismos jerarquizados: Cultura-Naturaleza, Mente-Cuerpo, Razón-Emoción, Conocimiento Científico-Saber Tradicional, Público-Privado, Hombre-Mujer, etc. Y en estas dicotomías el predominio es claramente del primer polo de la relación, y el segundo queda claramente superado al mismo. Es por eso por lo que el pensamiento moderno occidental está absolutamente incapacitado para ver, comprender y sentir el deterioro de la Pacha Mama, sobre todo cuando desde sus inicios, como ya vimos, se construye y se desarrolla para dominarla. Si a ello le sumamos el enfoque analítico-parcelario que domina el saber científico moderno, y la ausencia y minusvaloración de las reflexiones más holísticas y cualitativas, fácilmente podremos constatar que, a pesar de disponer de un conocimiento técnico cada día más sofisticado para medir lo que acontece en la realidad, ésta no haga sino deteriorarse a velocidad de vértigo, debido a los fortísimos intereses económico-financieros que conducen la lógica ciega del capital. Que no ve lo que no quiere ni puede ver, pues iría contra su propia esencia.

También con intención educativa, Derlly González y Ernesto Marquéz (2008) dan consejos con un enfoque más técnico que humanista, junto con la advertencia de no incurrir en la mala ciencia inherente a ciertos programas de TV y películas de ciencia ficción con el cambio climático como

tema central. Ante todo, ambos defienden el rigor científico en el tratamiento del tema en todo lo posible, aspecto clave para la toma de decisiones. Por su parte, Daniel Reséndiz Núñez (2008), a propósito de la formación de ingenieros, no pasa por alto la necesidad de la dimensión humanista y ética. Por desgracia, peca de ingenuo al considerar la opción de persistir en la formación de ingenieros en sintonía con el mito del desarrollo sostenible.

Casi al comienzo, quedó señalada la relevancia de Hugo de San Víctor para el tratamiento riguroso de este tema. Nadie mejor que de San Víctor para concluir este derrotero esencial, puesto que fue el pionero de la noción de tecnología crítica, esto es, aquella contraria a la concebida para la explotación y sobreexplotación de natura. Destaca Illich que, con la idea de la tecnología crítica de 1130, Hugo entraba en confrontación con la ingenuidad tradicional. De similar manera, nosotros lo estamos en versión baconiana. Ahora bien, la "ciencia alternativa" de los últimos tiempos persiste en su ingenuidad al pretender ser una empresa que libere a los otros de las incomodidades del estado de hombre. En otras palabras, se mantiene el dominio de los científicos que operan en función de los demás. Su vocación ecológica ha pasado de la producción de bienes y servicios para las mayorías hacia el forzamiento sutil de la gente en cuanto a una autodisciplina uniforme atañe. Sin embargo, este enfoque no alcanza a ser tecnología crítica de acuerdo con Illich, pues, existe el peligro en cuanto a que esta "ciencia alternativa" absorba la investigación convivencial al convertirla en instrumento didáctico de tres al cuarto. Como bien dice Illich: "la investigación convivencial sólo permanece fiel a su misión cuando parte de una imagen del hombre inversa a la del trabajador y consumidor para quienes los especialistas están interesados en "hacer investigación"". Y, mucho es de temer, la educación actual no se corresponde con esta percepción aguda. Entretanto, sigue fomentando la visión cornucopiana propia de la sociedad industrial. Es una educación que ha ayudado a forjar el desastre civilizatorio actual. Por ende, el paso a un nuevo paradigma de civilización ha de ir de la mano con un replanteamiento radical de la educación que supere la dictadura del hombre-masa y su obnubilación con la técnica en desmedro de las humanidades, visión nefasta que ha estado en sintonía con la incompreensión de los límites impuestos por los principios termodinámicos. Esto es, aún estamos en la niñez en materia de comprensión de la energía y la entropía, por lo que la bioética global enfrenta

un obstáculo serio para su avance en semejantes condiciones. De ahí que la energía, junto con su campo semántico, deba ser todo un leitmotiv para la bioética global.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

La depuración del discurso de la bioética global de lastres ideológicos es factible al buscar la comprensión de la crisis de civilización de hoy y el callejón sin salida en el que se encuentra desde la óptica de la energía, vista como intuición y concepto. En esta perspectiva, la exploración histórica brinda una ayuda inestimable a fin de ahondar al respecto. Así las cosas, es una perspectiva que sugiere una reforma radical de la educación actual, en especial la de científicos e ingenieros, quienes todavía son parte de los bárbaros modernos diagnosticados con tino por José Ortega y Gasset, pues, mientras persista la educación actual, anclada también al paradigma baconiano, quienes egresan de las facultades de ciencias e ingeniería no pasarán de ser meros aprendices de brujo con una alta irresponsabilidad para el manejo del enorme poder puesto por la tecnociencia en sus manos, poder que ha puesto en jaque a la propia biosfera.

► **O56**
Bioética

Entretanto, la caja de Pandora sigue aún abierta y, como señala E. A. Wrigley (1996), experto inglés en historia de la Revolución industrial, el modo de producción capitalista ha caído en una variante del mito de la caverna, esto es, antes los hombres estaban encadenados de cara a las paredes de la cueva que parecían circunscribir sus esperanzas y ambiciones para luego desatarse merced a las nuevas fuerzas puestas en acción por la economía industrial, libertad que les permitió girar hacia la boca de la caverna y deleitarse con las oportunidades abiertas en un vasto territorio nuevo. Pero, añadamos, tal deleite no duró mucho, apenas un par de centurias, pues, la fiesta se acabó por obra y gracia de la fuerza legislativa de la termodinámica. Y no ha sido menester que recurriésemos a explicaciones basadas en el "efecto Nostradamus", plagadas de vaguedad, ambigüedad, simbolismo, metafóricidad, retrodatación, catastrofismo y apelación a la inspiración divina (Odifreddi, 2010), sino que la modesta consideración de los principios termodinámicos y sus límites al crecimiento económico sugieren la necesidad imperiosa de un nuevo paradigma de civilización, de factura convivencial propiamente dicha. ¿Le serán favorables los hados a la humanidad a fin de dar tal paso crucial a fin de preservar a Gaia?

REFERENCIAS

- ABN. (2009). *Investigador sostiene que búsqueda estándar en Google produce 7 gramos de CO2*. Extraído el 14 de enero de 2009 desde www.rebellion.org.
- AGUILAR P., J. (1981). *Curso de termodinámica*. Madrid: Alhambra.
- ALEGRE, L. & MORENO, V. (coords.). (2009). *Bolonia no existe: La destrucción de la universidad europea*. Hondarrribia: Hiru.
- ALINOVI, M. (2009). *Historia universal de la infamia científica: Imposturas y estafas en nombre de la ciencia*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- ASIMOV, I. (2006). *Cuentos completos I*. Barcelona: Ediciones B.
- BHOJWANI, D. (2009). La India, búsqueda de recursos energéticos y mineros. En Durán, C. et al. *Centro ExxonMobil para el Estudio de la Energía y el Desarrollo: Memorias IV Congreso de Minería, Petróleo y Gas* (pp. 99-102). Bogotá: Universidad Sergio Arboleda.
- BOFF, L. (2008). *La opción-Tierra: La solución para la tierra no cae del cielo*. Santander: Sal Terrae.
- BRODIANSKI, V.M. (1989). *Movimiento perpetuo: Antes y ahora*. Moscú: Mir.
- CARNOT, S. (1987). *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia y otras notas de carácter científico*. Madrid: Alianza.
- COLEMAN, W. (2002). *La biología en el siglo XIX: Problemas de forma, función y transformación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- CUPPLES, J. (2009). Culture, nature and particulate matter – Hybrid reframing in air pollution scholarship. *Atmospheric Environment*, 43, 207-217.
- DIERCKXSENS, W. (2008). *La crisis mundial del siglo XXI: Oportunidad de transición al poscapitalismo*. Bogotá: Departamento EcuMénico de Investigación y Desde abajo.
- DIETERICH S., H. (2003). *El socialismo del siglo XXI*. Bogotá: FICA.
- DÍEZ G., E.J. (2009). *Globalización y educación crítica*. Bogotá: Desde abajo.
- DYSON, F.J. (1975). La energía en el universo. En Starr, C. et al. *La energía* (pp. 44-63). Madrid: Alianza.
- ECKART, W.U. & GRADMANN, C. (1995). Hermann Helmholtz. *Investigación y Ciencia*, 224, 16-25.
- FEITO G., A. & LÓPEZ A., J. (2005). Las energías alternativas. *Revista de Occidente*, 286, 104-123.
- FERNÁNDEZ D., R. (2010). *El antropoceno: La crisis ecológica se hace mundial: La expansión del capitalismo global choca con la Biosfera*. Extraído el 24 de abril de 2010 desde www.rebellion.org.
- FEYNMAN, R.P. et al. (1977). Chapter 4: Conservation of energy. En Feynman, R.P. et al. *The Feynman Lectures on Physics: Mainly Mechanics, Radiation and Heat* (pp. 42-49). Reading: Addison-Wesley.
- GARCÍA O., F. (2005). Últimas noticias sobre el cambio climático. *Revista de Occidente*, 290/291, 150-165.
- GOLUB, P.S. (2010). Las capitales del capitalismo. *Le Monde diplomatique*, 88, 6-7.
- GONZÁLEZ G., D. Y MÁRQUEZ N., E. (2008). *Cambio climático global*. México: ADN Editores y Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

- GRINEVALD, J. (1992). De Carnot a Gaia: Historia del efecto invernadero. *Mundo científico*, Vol.12, N° 126.
- HUMBOLDT, W. (2005). Sobre la organización interna y externa de las instituciones científicas superiores en Berlín. *Logos: Anales del Seminario de Metafísica*, 38, 283-291.
- ILLICH, I. (2006a). Energía y equidad. En Illich, I. *Obras reunidas I* (pp. 325-365). México: Fondo de Cultura Económica.
- ILLICH, I. (2006b). La convivencialidad. En Illich, I. *Obras reunidas I* (pp. 367-530). México: Fondo de Cultura Económica.
- ILLICH, I. (2006c). La sociedad desescolarizada. En Illich, I. *Obras reunidas I* (pp. 187-323). México: Fondo de Cultura Económica.
- ILLICH, I. (2008a). Desvalor. En Illich, I. *Obras reunidas II* (pp. 477-488). México: Fondo de Cultura Económica.
- ILLICH, I. (2008b). El trabajo fantasma. En Illich, I. *Obras reunidas II* (pp. 115-130). México: Fondo de Cultura Económica.
- ILLICH, I. (2008c). Ética médica: Un llamado a desmontar la bioética. En Illich, I. *Obras reunidas II* (pp. 622). México: Fondo de Cultura Económica.
- JAMES, L.K. (ed.). (1993). *Nobel Laureates in Chemistry 1901-1992*. Washington: American Chemical Society and the Chemical Heritage Foundation.
- JONAS, H. (2004). *El principio de responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder.
- KING HUBBERT, M. (1975). Los recursos energéticos de la Tierra. En Starr, C. et al. *La energía* (pp. 64-91). Madrid: Alianza.
- KLARE, M.T. (2008). *Planeta sediento, recursos menguantes: La nueva geopolítica de la energía*. Barcelona: Tendencias.
- KUHN, T.S. (1996). La conservación de la energía como ejemplo de descubrimiento simultáneo. En Kuhn, T. *La tensión esencial: Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia* (pp. 91-128). México: Fondo de Cultura Económica.
- LOVELOCK, J. (2007). *La venganza de la Tierra: La teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. Santiago de Chile: Planeta.
- MARTÍN M., D. (2005). Se acabó la fiesta (Presentación). *Revista de Occidente*, 286, 83-85.
- MARZO, M. (2005). El ocaso de la era del petróleo. *Revista de Occidente*, 286, 86-103.
- MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos.
- NEF, J.U. (1978). Consecuencias de una anterior crisis energética. *Investigación y Ciencia*, 16, 74-81.
- ODIFREDDI, P. (2010). *Elogio de la impertinencia: O cómo la ciencia y las matemáticas pueden enfrentarse a los prejuicios de la política y la religión*. Barcelona: RBA.
- ORTEGA & GASSET, J. (1961). *La rebelión de las masas*. Madrid: Editorial Revista de Occidente.
- PALACIOS, S.L. (2008). *La guerra de dos mundos: El cine de ciencia ficción contra las leyes de la física*. Barcelona: Robinbook.
- PARK, R.L. (2001). *Ciencia o vudú: De la ingenuidad al fraude científico*. Barcelona: Grijalbo Mondadori.
- POHL VALERO, S. (2006). La termodinámica como elemento legitimador de la física teórica y aplicada en la España de la segunda mitad del siglo XIX. *Quaderns d'història de l'enginyeria*, VII, 73-114.
- POTTER, V.R. (1988). *Global Bioethics: Building on the Leopold Legacy*. East Lansing: Michigan State University Press.
- REGUEIRA-PONTEVEDRA, S. (2010). "¿No quiere parar de consumir? Tranquilo que ya te obligará la realidad a ello". Extraído el 20 de abril de 2010 desde <http://www.farodevigo.es/portada-pontevedra/2010/04/11/quiere-parar-consumir-tranquilo-obligara-realidad/428073.html>.
- RESÉNDIZ N., D. (2008). *El rompecabezas de la ingeniería: Por qué y cómo se transforma el mundo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- REYNOLDS, T.S. (1994). Raíces medievales de la Revolución industrial. En García T., N. (comp.). *Historia de la técnica* (pp. 29-38). Barcelona: Prensa Científica.
- RIKFIN, J. & HOWARD, T. (1990). *Entropía: Hacia el mundo invernadero*. Barcelona: Urano.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (2007). La ciencia, tema de nuestro tiempo. *Revista de Occidente*, 319, 13-22.
- SCHUMACHER, E.F. (1983). *Lo pequeño es hermoso*. Barcelona: Orbis.
- SIERRA C., C.E.J. (2009a). Lectura bioética de la actual crisis de civilización. *Papel Político*, 2, 14.
- SIERRA C., C.E.J. (2009b). Lo bioético en la historia de la termodinámica. *Revista Universidad de Antioquia*, 297, 58-68.
- SIERRA C., C.E.J. (2010a). Bioética y termodinámica: ¿Cómo imbricarlas? *Bioética & Debat Newsletter*, 50.
- SIERRA C., C.E.J. (2010b). El caballo de fuerza. *Revista Universidad de Antioquia*, 299, 48-57.
- SIERRA C., C.E.J. (2010c). *Orígenes, evolución y consolidación del principio de la conservación de la energía*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. (En prensa).
- SILVESTRINI, V. (1998). *Qué es la entropía*. Bogotá: Norma.
- SPENGLER, O. (1935). *El hombre y la técnica*. Santiago de Chile: Cultura.
- SUÁREZ M., A. (2008). Los agrocombustibles y la crisis alimentaria. *Deslinde: Revista de Cedetrabajo*, 43, 36-56.
- TIEZZI, E. (1990). *Tiempos históricos, tiempos biológicos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- TRABULSE, E. (1997). *Historia de la ciencia en México (versión abreviada)*. México: Fondo de Cultura Económica.
- VACCARI, D.A. (2009). La crisis del fósforo. *Investigación y ciencia*, 395, 22-27.
- VERNE, J. (1989). *Viaje maldito por Inglaterra y Escocia*. Madrid: Debate.
- VOIGT, J. (1971). *La destrucción del equilibrio biológico*. Madrid: Alianza.
- WAGENSBERG, J. (1999). La pereza intrínseca de la materia. En Wagensberg, J. *Ideas para la imaginación impura: 53 reflexiones en su propia sustancia* (pp. 189-192). Barcelona: Tusquets.
- WHITE, L. (1990). *Tecnología medieval y cambio social*. Barcelona: Paidós.
- WRIGLEY, E.A. (1996). *Cambio, continuidad y azar: Carácter de la Revolución industrial inglesa*. Barcelona: Crítica.

NOTAS

- 1 Desde siglos antes del neologismo acuñado (bioética), primero por Fritz Jahr en 1927 y, luego, por Van Rensselaer Potter hacia 1970. Botón demuestra, cabe señalar la preocupación sentida por Leonardo da Vinci a propósito de los posibles malos usos que los hombres pudieran darle a varias de sus invenciones, como en el caso de un submarino.
- 2 Por el estilo, otros autores coinciden con diagnósticos como los de Klare: Daniel Martín Mayorga (2005), quien tituló un artículo de fondo para la Revista de Occidente como *Se acabó la fiesta*; Mariano Marzo (2005) al analizar el ocaso de la era del petróleo; y Antonio Feito García y Juan López Asenjo (2005) al abordar las energías alternativas.