

Lo bioético en la historia de la termodinámica

Carlos Eduardo de Jesús Sierra Cuartas

Ilustraciones Carlos Andrés Ortiz

Pensamiento bioético en la historia de la tecnología

La dimensión de *homo faber* es consustancial a nuestra naturaleza, no podemos prescindir de la misma. No obstante, el manejo responsable de tal dimensión no ha sido precisamente nuestra nota distintiva a lo largo de la historia. Como botón de muestra de esto, tenemos el famoso coro de la *Antígona* de Sófocles, con el cual Hans Jonas da inicio a su bello libro, *El principio de responsabilidad*, lo que le permite ilustrar de entrada lo antiguo del poder y hacer de la raza humana:¹

Muchas son las maravillas, / pero el hombre es la mejor. / Por el mar canoso corre / sin miedo al soplo invernal / del Noto y su destino / llega entre olas encrespadas; / atormenta a la diosa / soberana entre todas, la Tierra incansable / y eterna, y cultiva cada año los surcos / con la prole del caballo. [...] Pero así como mal puede usar / de su arte sutil e increíble, / le es posible aplicarla a lo bueno. Si cumple / la ley de su país / de acuerdo con los dioses / por que jura, patriota será, mas no, en cambio, / quien a pecar se atreva. / ¡No conviva conmigo / ni comparta mis ideas / quien tal hace!

En realidad, la historia de la cultura suele brindar más ejemplos al respecto. Siglos después, en pleno Medioevo, tenemos este fragmento llamativo en el *Picatrix*, un tratado de magia talismánica, conectado con la astronomía y la astrología, amén de la botánica y mineralogía, con un carácter tecnológico indudable en la filosofía del autor de este texto correspondiente al Siglo de Oro de la ciencia andalusí:²

Del maestro Platón antes mencionado conozco dos obras denominadas Libro de las Leyes Mayor y Menor. En el Mayor menciona efectos terribles resultado de los talismanes contruidos bajo la influencia de las constelaciones del cielo: andar sobre el agua, adoptar la figura de cualquier animal que se desee o una forma cualquiera inexistente en este mundo, lograr que llueva en momentos en los que no cabe esperar lluvia, así como impedir la caída de la misma, hacer que surjan en el aire estrellas fugaces y cometas, y que caigan los rayos en momentos inesperados, quemar los barcos enemigos o a cualquier persona que se desee desde una gran distancia, andar por el aire, hacer que las estrellas salgan cuando no les corresponde y verlas caer desde su lugar en el cielo hacia el centro de la Tierra, hablar con los muertos, dividir el Sol y la Luna en multitud de fragmentos, hacer que bastones y cuerdas parezcan serpientes



que comen lo que se les echa, recorrer grandes distancias terrestres en un abrir y cerrar de ojos.

Sin duda, este fragmento significativo nos muestra también la preocupación temprana por el uso irresponsable de los grandes poderes adquiridos por el ser humano. En este caso, merced a lo que, a la sazón, se veía como magia. Pero, en la actualidad, contamos con unos poderes formidables por el estilo, merced a la tecnociencia. Al fin y al cabo, maravillas que solían atribuirse en el pasado remoto a la magia, siglos más tarde, han pasado a ser parte del dominio de la tecnociencia.

La manifestación patente de ese poder la tenemos en la máquina, entendida como un artefacto que nos permite convertir la energía de una forma en otra. Su tipología básica puede establecerse desde el punto de vista de las fuentes de energía de las que ha hecho uso nuestra especie: el agua, el viento, la tracción animal, el carbón, el petróleo, el uranio, etc. De ahí que, en la historia de la tecnología, hablemos de máquinas hidráulicas, eólicas, de vapor, y así por el estilo. Además, durante largo tiempo, creímos que la naturaleza era una cornucopia que nos regalaba recursos a granel sin resentirse. Por ejemplo, los británicos, cuyas islas están asentadas sobre yacimientos de hulla que parecían inagotables, se convencieron de la finitud de los mismos en la década de 1920. Más recientemente, según datos del MIT del año 1984, ésta era la duración previsible de ciertos recursos:³ 36 años para el cobre, 100 para el aluminio, 240 para el hierro, 26 para el plomo, 13 para el mercurio, 17 para el estaño y 23 para el zinc. Por lo demás, como recuerda Nicholas Georgescu-Roegen, el grueso de estos materiales no es reciclable.

El Renacimiento aportó dos figuras notables por su forma de concebir la tecnología: Leonardo da Vinci y Jerónimo de Ayanz y Beaumont, este último llamado el da Vinci español por Nicolás García Tapia. En Leonardo, encontramos ya la idea de la responsabilidad social del ingeniero, puesto que destruyó los planos de un submarino de su invención debido, según Leonardo, “a la naturaleza perversa de los hombres que podrían usarlo como medio de destrucción en el fondo del mar”. Esto sucedía en el siglo XVI. Ahora bien, no hay certeza acerca de si el genio italiano llevó o no tal invención a la práctica, pues, como señala García Tapia: “A pesar de lo sorprendente de estos dibujos, la falta de una descripción precisa, y el hecho de que las notas de Leonardo no llegaran a difundirse, hace pensar que se trataba de simples ideas que no llegaron a concretarse en aparatos prácticos”. Pero, como quiera que sea, es loable la previsión de Leonardo.

Como se sabe bien, Leonardo fue un inventor prolífico, figurando entre sus invenciones los ingenios bélicos, aunque calificaba la guerra de “locura bestial”. Con independencia de esta paradoja aparente, puede aseverarse que no fue la afición a la guerra y a la matanza de los hombres su motivación al respecto, sino el afán de creación de lo poco común, la agudeza de su pensamiento, la pasión por la técnica. De otro lado, además de la invención de un submarino, Leonardo acometió la construcción de máquinas voladoras. No obstante, no consignó en sus diarios las observaciones derivadas de las pruebas llevadas a cabo con tales máquinas, a pesar del hecho que registraba en forma escrupulosa todos sus experimentos en sus cuadernos. No se sabe a ciencia cierta si fracasó o tuvo éxito con semejantes máquinas, lo que no es óbice para que, en la región del Monte Cedero, se repita la conseja de que un día, mucho tiempo ha, de la cima se elevó un pájaro gigantesco, que se remontó cada vez más alto, hasta que, al fin, desapareció.⁴ ¿Acaso mantuvo Leonardo el asunto en secreto por temor a los malos usos de tamaño invento?

En todo caso, desde la antigüedad, se manejaba la idea de limitar a la ciencia, cuestión discutida por Platón en *La República*, al igual que por Plutarco. Por su parte, decía San Pablo, citado por Juan Luis Vives, que la ciencia hincha a los hombres y la caridad los edifica, palabras en las que cabe entrever un llamado al manejo responsable del conocimiento.

En cuanto a Jerónimo de Ayanz y Beaumont, el más importante ingeniero e inventor español del Siglo de Oro, amén de artista dotado, rescatado del olvido merced a las investigaciones de Nicolás García Tapia,⁵ conviene señalar lo atinente a sus invenciones en el campo de la minería y de los equipos de bucear. Acerca de éstos, por lo que cabe juzgar de la documentación disponible, Ayanz se preocupó de que los buzos contasen con mejores condiciones para su duro trabajo, de lo cual es una muestra adecuada el testimonio siguiente, correspondiente a una demostración pública hecha en el río Pisuerga en 1602:

Su Majestad quiso ver lo que parecía más dificultoso, que era poder un hombre trabajar debajo del agua espacio de tiempo. Así, por agosto del año pasado de 1602, fue con sus galeras por el río de esta ciudad al jardín de don Antonio de Toledo, donde hubo mucha gente. Eché un hombre debajo del agua, y al cabo de una hora le mandó salir Su Majestad y, aunque respondió debajo del agua que no quería salir tan presto porque se hallaba bien, tornó Su Majestad a mandarle que saliese. El cual dijo que podía estar debajo del agua todo el tiempo que pudiese sufrir y sustentar la frialdad de ella y el hambre.

Más de dos siglos después, en la historia de la navegación submarina, tendremos otro caso de invención con sentido ético en la figura de Narcís Monturiol y Estarriol. En efecto, refugiado en el pueblecito costero de Cadaqués a causa de su defensa de la doctrina del socialista utópico Etienne Cabet, fue testigo del enorme esfuerzo de los hombres que se dedicaban a la pesca del coral, lo que le llevó a pensar en un artefacto que suavizara su esfuerzo y, al tiempo, aumentara la productividad de la operación. Una vez de vuelta en Barcelona, puso manos a la obra en ello.⁶

Pero, volvamos con Ayanz, quien anticipó el uso industrial de la energía del vapor, al punto que inventó la máquina de vapor un siglo antes que los ingleses. Entre sus inventos en este campo, destaquemos el eyector de vapor, que consiste en el paso del vapor producido en una caldera a través de una tubería terminada en un orificio fino, por lo que aumenta su velocidad a la par que cae la presión; principio aprovechado por Ayanz a fin de renovar el aire de una mina o de una habitación. Ahora bien, España no aprovechó los geniales inventos de Ayanz. Incluso hubo un intento burdo de borrar de la historia la memoria del mejor administrador de minas que jamás tuvo España, felonía suscitada por la envidia, esa planta tan típica de nuestros huertos. En contraste marcado, Lope de Vega y Carpio, cuatro años después del fallecimiento de Jerónimo de Ayanz, lo inmortalizó en su comedia titulada *Lo que pasa en una tarde*.

Incluso, podemos retroceder más en el tiempo para detectar sistemas tecnológicos respetuosos de la naturaleza. De esto, tenemos un muestrario interesante en la tecnología desarrollada por los islámicos durante el Medioevo para el manejo del agua, como es el caso de la noria, o sea, la rueda hidráulica de tracción animal.⁷ En términos actuales, estamos hablando de una tecnología apropiada, esto es, una tecnología que había alcanzado ya su madurez un par de milenios atrás en lo que a la noria concierne. Sin embargo, salvo por casos como los señalados antes, tendremos una aproximación hacia la tecnología más madura al llegar el siglo XVIII. En concreto, la *Enciclopedia* es la mejor prueba a este respecto, cuyos autores nos revelan otra preocupación al presentar las habilidades y las destrezas. Por ejemplo, Denis Diderot, citado por Bruno Jacomy, no se conformó con mostrar las máquinas y las herramientas, sino que nos revela su funcionamiento; postura que buscaba el aporte de elementos de comprensión a sus lectores a la vez que la lucha contra los privilegios corporativos de la época. Así, para Diderot, lo más importante es el ser humano, lo cual expresaba con estas palabras: “¿Por qué no introduciríamos al hombre en nuestra obra tal como está situado en el universo?”. En

cambio, las obras anteriores a la *Enciclopedia* no pasaban de mostrarnos las máquinas en forma de teatros, más para hacer gala de lo asombrosas y complicadas que eran, que a fin de permitir que el lector captara su funcionamiento y, de esa forma, se apropiase de ellas. En otras palabras, la *Enciclopedia* se adelantó en un buen par de siglos al concepto de convivencialidad desarrollado por Iván Illich en el seno de sus lúcidas investigaciones acerca de la crisis de la sociedad industrial y la deshumanización que ésta ha generado desde sus primeros días.⁸

Otro hito de interés lo tendremos con motivo de la publicación de *Meditación de la técnica*, obra de José Ortega y Gasset que vio la luz en 1939, abordada y elogiada por Carl Mitcham al tratar de la historia de la filosofía de la tecnología.⁹ Del mismo modo que Diderot vio la necesidad de acercar la tecnología al ser humano en general, Ortega hará hincapié en la necesidad de acercarla a los intelectuales, tan proclives las más de las veces a no poner un cable a tierra con el mundo de la vida. He aquí sus palabras al respecto:¹⁰

¡Gran lección! Conviene que el intelectual *maneje* las cosas, que esté cerca de ellas; de las cosas materiales si es físico, de las cosas humanas si es historiador. Si los historiadores alemanes del siglo XIX hubiesen sido más hombres políticos, o siquiera más “hombres de mundo”, acaso la historia fuese hoy ya una ciencia y junto a ella existiese una técnica realmente eficaz para actuar sobre los grandes fenómenos colectivos, ante los cuales, sea dicho con vergüenza, el actual hombre se encuentra como el paleolítico ante el rayo.

Por supuesto, de 1939 a esta parte, el problema descrito por Ortega no ha hecho sino agravarse, máxime cuando nuestro tiempo ha descuidado sobremanera la investigación y enseñanza de la historia y de la filosofía de la ciencia y la tecnología. Por otra parte, en Occidente, será bastante tardía la adquisición de conciencia en relación con la finitud de los recursos naturales. Veamos.

Si en el siglo V de nuestra era hubiésemos atravesado Europa por aire, habríamos apreciado una gran floresta con no muchos claros, en los que estaban ubicados los núcleos urbanos de entonces. Pero, si repitiésemos dicho viaje en el siglo XVIII, el cambio sería drástico en el paisaje con motivo de la gran deforestación de aquellos días, en especial en las islas británicas, cuna de la moderna revolución industrial basada en el uso del vapor. No obstante, la escasez de madera, no tuvo que aguardar la llegada del siglo XVIII para darse. De facto, en el siglo XVI, Inglaterra se quedó sin madera, circunstancia que la obligó a recurrir al carbón mineral.¹¹

En realidad, fue una crisis energética que duró ciento cincuenta años, desde 1550 hasta 1700. En todo caso, la adopción del nuevo combustible originó una cadena de hechos que culminaría a la larga en la moderna revolución industrial. Y, por supuesto, la disponibilidad de fuentes de energía hidráulica y eólica no bastó para suplir las necesidades de dichas islas, sobre todo en lo que atañe a la calefacción durante los períodos invernales. Por largo tiempo, los británicos creyeron que sus yacimientos de hulla eran inagotables, pues, en un principio, se veía que yacía carbón bajo gran parte de la isla merced a las prospecciones realizadas con varillas de sonda. Ahora bien, al llegar a mediados del siglo XIX, se comenzó a detectar que los yacimientos de carbón eran agotables. De forma más amplia, en la década de 1920, algunas personas comenzaron a darse cuenta de que las disponibilidades de todos los combustibles fósiles tenían límites definidos. Tal fue una consecuencia hartamente notoria del abandono de la antigua percepción de la tecnología como *mimesis*, esto es, imitación de la naturaleza, en favor de la visión baconiana de la tecnociencia como conquista de natura.

El cambio hacia el combustible fósil ocurrido en el siglo XVII, luego de 1780, llevó a la explotación agresiva de las reservas mundiales de mineral de hierro.¹² Ahora bien, parece que el carbón se utilizó como combustible para muchas finalidades industriales en China, en la era Sung, en los siglos X y XI. Empero, China no consolidó una revolución industrial. Por el contrario, Inglaterra, que estuvo retrasada respecto del resto de Europa en muchos sectores económicos durante la Baja Edad Media, aventajó a los demás países europeos en producción agrícola e industrial per capita hacia 1700. Sin embargo, esto tuvo su costo, pues, desde el punto de vista bioético, conforme el carbón se difundió desde Inglaterra al resto de Europa, hacia fines del siglo XVIII, y de allí en adelante, menguó la preocupación por la belleza en las manufacturas y por el ambiente, situación que Friedrich Hölderlin reflejó bien en su poesía. En general, la explotación de los recursos de la Tierra ha violado a menudo los límites del buen gusto, por lo que, como señala John U. Nef, la mayor esperanza para la explotación fructosa de los recursos de combustibles acaso resida en la renovación y amplificación de las normas de belleza.

Pensamiento bioético en la historia de la termodinámica

El siglo XIX asistió al desarrollo de la termodinámica, disciplina que, aunque tiene antecedentes más tempranos, es el período comprendido entre 1830 y 1850 en

el que se da la consolidación básica del principio de la conservación de la energía. A su vez, la segunda ley tiene su cimentación esencial en el lapso que va de 1850 a 1865, merced al trabajo de Rudolf Clausius. No significa esto que, tras 1865, ambas leyes hubiesen alcanzado toda su madurez. De hecho, la investigación en tornó a las mismas tomó lo que restaba del siglo, sobre todo por el esfuerzo requerido para determinar si ambas leyes se cumplían también en los seres vivos. Por lo demás, en el ámbito de la tecnología, la fascinación inherente a la termodinámica tiene su expresión más excelsa en el entusiasmo producido por las máquinas, cuya mejor expresión está en la obra literaria de Jules Verne y sus novelas de la ciencia. Eran tiempos de optimismo en las sociedades occidentales, basados en las posibilidades de la ciencia y de la técnica a fin de aumentar la calidad de vida de los hombres. No obstante, al Verne optimista en extremo frente a las posibilidades de la tecnociencia de la primera mitad de sus *Viajes extraordinarios* sucede otro, más bien pesimista, al punto que no es exageración dar a Verne la denominación de ecologista y de pionero en el interés por conservar la Tierra y las relaciones entre el hombre y su ambiente.

Acaso el tema más significativo de la historia de la termodinámica, leída desde la perspectiva de la bioética global, sea la historia del efecto invernadero. Una historia que comprende desde la obra seminal de Sadi Carnot hasta el aporte clave de James Lovelock, pasando por John Tyndall y Vladimir Vernadsky. Además, es prudente no limitarse a seguir tal historia en la mera perspectiva de la ingeniería, la física y la ecología, puesto que el siglo XIX fue, así mismo, el escenario del nacimiento y consolidación de la biología merced al planteamiento de los problemas centrales de forma, función y transformación, otra historia en la cual entró en juego lo atinente a los principios termodinámicos recién descubiertos. No obstante, no es lo típico topar con bioeticistas que buceen en profundidad en la historia de la ciencia con el fin de rastrear antecedentes del pensamiento bioético.

Imposible hablar de la historia de la termodinámica sin aludir a la obra seminal de Sadi Carnot: sus fascinantes *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, en cuyas primeras líneas percibimos la comprensión que ya existía entonces acerca del impacto de la energía térmica sobre la dinámica planetaria.¹³

Deben atribuirse al calor las grandes transformaciones que llaman nuestra atención en la superficie de la Tierra; a él se deben las agitaciones atmosféricas, la ascensión de las nubes, la caída de las lluvias y otros meteoros, las corrientes de agua que surcan la superficie del globo, y de

las que el hombre ha llegado a utilizar sólo una pequeña parte; finalmente, los temblores de tierra, las erupciones volcánicas reconocen como su causa el calor.

Para los fines del pensamiento bioético global, la termodinámica aportó desde sus primeros días un concepto relevante: la noción de irreversibilidad, ligada a la finitud de los recursos naturales. De facto, desde aquellos lejanos comienzos, tanto Sadi Carnot como Joseph Fourier se percataron de los efectos climáticos potenciales de la revolución industrial.¹⁴ Como botón de muestra, Fourier declaró lo siguiente:

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.

Quien acuñó la denominación “efecto invernadero” fue Horace Bénédicte de Saussure, uno de los fundadores de la meteorología. Por los mismos días, James Hutton expuso en la *Royal Society* de Edimburgo, en 1785, su idea del “sistema de la Tierra”, desarrollada con posterioridad por Vernadsky, Lotka y Lovelock. En síntesis, para 1824, la idea del efecto invernadero, considerando el nexo entre el fenómeno físico en sí y el desarrollo económico, estaba bien formulada. Por desgracia, nadie le prestó atención. Décadas más tarde, Svante August Arrhenius le dio al efecto invernadero su expresión científica actual al relacionarlo con los grandes ciclos geoquímicos, si bien no le atribuyó a tal efecto ninguna connotación catastrofista. En todo caso, Arrhenius ligó el efecto de marras con el lado termodinámico de la revolución industrial.

Con posterioridad, en 1924, Vladimir Vernadsky, en su libro *La geoquímica*, recaló así mismo el impacto de la deforestación sobre el equilibrio dinámico del anhídrido carbónico en la atmósfera. Tampoco se le hizo caso. Poco después, en 1927, vino la propuesta del neologismo “bioética”, por parte de Fritz Jahr. Desde entonces, era en extremo obvio que el consumo energético de la sociedad industrial no paraba de crecer. En últimas, ¿cuál era el problema de fondo? Es típico encontrar que muchos autores destacan que, desde comienzos del siglo XIX, la ciencia, distorsionada por

el proceso de la industrialización, se fragmentó en una miríada de disciplinas cada vez más compartimentadas, con lo cual los científicos, al haber perdido la visión de conjunto, olvidaron la unidad fundamental de la naturaleza. Por otro lado, Vernadsky, luego de insistir a la sazón en no mezclar la ciencia con la religión —lo que sí hacían sus notables colegas parisienses, Le Roy y Teilhard de Chardin—, terminó por concluir que la ciencia tiene una inmensa responsabilidad social.

Amén de la historia del efecto invernadero, la historia de la ley de la conservación de la energía brinda otro indicio de nuestro interés. En su lúcido ensayo sobre el tema, Thomas Samuel Kuhn nos cuenta que muchos de los descubridores de dicha ley estuvieron predispuestos a ver una fuerza única e indestructible en la raíz de todos los fenómenos naturales; una forma para tratar de entender el universo en forma holística. Es el correlato metafísico de la historia del descubrimiento de tal ley. En aquellos días tempranos del siglo XIX, esta postura fue la seguida por los partidarios de la *Naturphilosophie*, toda una reacción en contra del mecanicismo estricto.

Por su lado, ciertos pintores de la época reflejaron, a veces con temor, el cambio que implicó la llegada de la era del vapor.¹⁵ En primera instancia, George Garrard, por encargo del cervecero Samuel Whitbread, ejecutó en 1784 algo así como un cartel insignia de la taberna, un *tableau*. La colección de los objetos constitutivos de dicho *tableau* recapitula un modo destinado a la desaparición,



el modo de entender la naturaleza que antecedió a la era de la tecnología basada en el uso de la fuerza motriz del vapor. Fue el fin de la tecnología vista como imitación de la naturaleza y el nacimiento de la visión fáustica de la conquista de natura. ¿Qué ha querido valorizar allí el artista? En una palabra, el utillaje, el cual muestra que el trabajo es una fuerza en movimiento para la mecánica. En el cuadro de marras se ven hombres, caballos, herramientas y vasijas. En una palabra, el mundo del trabajo y del comercio. En calidad de fuentes de energía, son cuatro las que aparecen: los caballos, los hombres, el viento y el agua. En efecto, mientras los caballos están enjaezados y enganchados a los carros, los hombres mueven la mercancía y el viento se manifiesta merced a su acción sobre el velamen en reposo con aparejos, betas, cabos, roldadas, estobos, ranuras, pastecas, rulos de acoderamiento, manilas, poleas y andariveles de por medio. Por último, el agua, patente en el Támesis y su actuar sobre la rueda de álabes. En cuanto a las máquinas, las que hay son simples: poleas, polipastos, ruedas, sogas y cadenas. Así, Garrard tabula, enumera, todos los productos de la mecánica, tanto estática como dinámica. En fin, lo que dice y deduce Lagrange en 1788 en su *Mecánica analítica*, sin dibujo, lo dice y muestra Garrard en 1784 con su pintura. Es un mundo evanescente, pues el fuego y su potencia están suplantando al viento, al agua, a los caballos y a los hombres. Así las cosas, la revolución industrial es una revolución sobre la materia a expensas del detrimento de la estética, como quedó reflejado con gran tino por Friedrich Hölderlin en su poesía cuando dijo que los dioses, los grandes poderes que nutren el mundo:¹⁶

No pueden sentir nada por sí mismos, / y por ello es preciso (si hablar me es permitido) / que, en nombre de los dioses, otro se compadezca y se conmueva, / y es a este ser a quien ellos reclaman. / Pero a aquel que pretenda igualarse a los dioses / y abolir frente a ellos todas las diferencias, / a ese ciego orgulloso sus leyes lo condenan / a hacerse destructor de su propia morada, / a ser el enemigo de su amor más profundo / y arrojar padres e hijos en sepulcros de escombros.

Otra pintura es *La forja*, de Joseph Wright (1772).¹⁷ Aún es el mundo antiguo que no ha ardido en los fuegos de la industria moderna. Todavía no ha triunfado el fuego, puesto que el martillo y el peso predominan sobre el lingote en fusión. Empero, cierta pintura de Joseph Mallord William Turner, de 1838, presentará el triunfo definitivo del fuego.¹⁸ Se trata del *Fighting Temeraire*, traducción hecha de Sadi Carnot por parte de Turner.

Allí, se muestra el remolque del buque en cuestión hacia su último fondeadero para su desguace. Así las cosas, la marina de madera ha fenecido, no por Trafalgar, sino por causa del remolcador, símbolo del cambio tecnológico concomitante. Está próximo el advenimiento del *HSS Warrior*, primer acorazado de acero. En tal pintura, el vencedor carece por completo de las líneas gráciles del buque de madera propulsado por el viento. Es rojo y negro. Además, escupe fuego y humo. A la derecha, vemos el ocaso, como queriendo decir el artista que el nuevo fuego es el amo del mar y del viento, que desafía al Sol. Como apunta Serres, Turner comprendió, antes que Ludwig Boltzmann, la materia nueva y la hizo ver al mundo. La percepción estocástica reemplaza el dibujo de la forma de otrora, cuando al viento y al agua se los domesticaba mediante esquemas, pues bastaba con dibujar o saber geometría. Ya no.

Por su parte, la historia del movimiento perpetuo, mal conocida, ilustra también acerca de las raíces del pensamiento bioético global que nos ocupa. En especial, el libro maravilloso de V. M. Brodianski dedicado al tema nos cae de perlas, lo que hace de este autor un excelente cicerone.¹⁹ En líneas generales, dos han sido los tipos de móviles perpetuos que han cautivado la atención de la humanidad a lo largo de muchos siglos, a saber: los motores que dizque producirían trabajo bien de la nada, sin aporte alguno de combustible (móviles perpetuos de primera especie), o bien partiendo de lo que hay, como la energía térmica de un lago o de la atmósfera, pero que no pueden producir trabajo al faltar otro foco de temperatura (móviles perpetuos de segunda especie). Mientras aquellos violan de entrada la ley de la conservación de la energía, éstos la cumplen, pero violan la segunda ley, la de entropía. Desde el punto de vista del problema de la economía de los recursos naturales, los móviles perpetuos de primera especie no se planteaban este problema, sino que apenas se trataba de la comodidad de la explotación barata y de las distancias de navegación autónoma de los buques. Ésta era la situación típica hasta mediados del siglo XIX.

Empero, la situación fue otra al fenecer el siglo XIX y albolear el XX, en virtud de las grandes proporciones que adquirió el consumo energético, presentándose así el problema del agotamiento y encarecimiento de los recursos energéticos naturales. Recordemos lo que pasó en la década de 1920 en la Rubia Albión cuando los británicos cayeron en la cuenta de la finitud de las reservas de combustibles. De hecho, el problema ecológico surgió, puesto que las contaminaciones térmicas, químicas y luego radiactivas, causadas por la energética, tuvieron su influencia negativa sobre el ambiente. En

semejantes circunstancias, surge el encandilamiento con las pretendidas promesas del móvil perpetuo de segunda especie. Es lo que sus corifeos y prosélitos llamaron la “concentración de la energía”; esto es, ellos pretendían que podía tomarse energía en forma de calor del ambiente, la utilizarían a fin de obtener algún efecto útil para nuestras necesidades, para luego retornarla al ambiente, con un impacto ambiental supuestamente nulo. Es el mito de la “energía limpia”, verdadero reflejo de una incompreensión irracional de las leyes de la naturaleza y sus limitaciones.²⁰ Al fin y al cabo, como decía con tino Albert Einstein, no se puede engañar a la naturaleza, pero sí se puede ponerse de acuerdo con ella. Así, Brodianski, citando a L. Artsimovich, P. Kapitsa e I. Tamm, con fina ironía afirma que, más bien, de lo que hay que hablar es de “concentración de la ignorancia”. Y no es menester evocar aquí ejemplos tomados de nuestras antípodas, pues nos rodean por doquiera, máxime en estos tiempos en los cuales se arremete lanza en ristre contra la ciencia, su método y filosofía, sin conocer su historia ni su estatuto epistemológico estricto. En suma, el devaneo con el mito de la energía limpia y tópicos afines sólo ha alejado durante muchos años a las sociedades de la solución de los problemas reales. Al fin y al cabo, la ignorancia es atrevida.

Las últimas décadas han visto un renacer de la fiebre por el movimiento perpetuo. En concreto, Robert L. Park, físico estadounidense, ha sabido recoger esta situación en su libro dedicado al fraude científico y la ciencia basura; definida ésta como la elaboración de teorías retorcidas acerca de que algo podría ser de cierta manera, pero casi sin aporte de evidencias que demuestren que es así en realidad.²¹ Como era de esperar, tamaña fiebre va de la mano con la finitud de los recursos energéticos hoy día, por lo que, como en el pasado, los móviles perpetuos de segunda especie vuelven a sus andadas; situación que testimonia con creces la precaria comprensión en la actualidad de los principios de la termodinámica y de las leyes de la naturaleza en general. Es decir, nuestra época no ha aprendido de los errores cometidos en el pasado al respecto. Incluso han proliferado en las últimas décadas las patentes acerca de máquinas térmicas que a la hora de analizarlas, se detecta que no pasan de ser móviles perpetuos de segunda especie.²² Estamos hablando de patentes que han pasado, para su aprobación, los tamices de grandes oficinas de patentes del mundo, como la de los Estados Unidos. Ahora bien, además de la falta de idoneidad de los funcionarios de tales oficinas que no detectan las incoherencias existentes desde el punto de vista de la mala comprensión de las leyes de la naturale-

za, conviene destacar aquí que las patentes en cuestión proceden de científicos e ingenieros con altas titulaciones académicas, lo que demuestra a todas luces que la educación tecnocientífica está sumida en una crisis de padre y señor mío al no darse la debida comprensión de las leyes naturales en el seno de la misma comunidad científica. Desde luego, mientras persista tamaña incompreensión, no puede esperarse mucho acerca de la toma correcta de decisiones en lo que concierne al uso prudente y responsable de la tecnociencia. Al fin y al cabo, la puesta en práctica de la heurística del miedo, concepto clave en la estructuración del principio de responsabilidad pergeñada por Hans Jonas, exige el mejor conocimiento tecnocientífico, imbricado con las ciencias humanas, a fin de avizorar las consecuencias futuras del uso de la tecnociencia para actuar en consecuencia con sabiduría. Y todo aquél que haya leído a Jonas ha notado que él no pierde de vista las implicaciones de las leyes de la termodinámica en lo atinente al futuro de la vida en el planeta.

No podemos ignorar tampoco la historia de la biología para nuestros fines. De ésta, conviene recalcar aquí lo atinente al reduccionismo mecanicista, dado que pretendía explicar en términos de fuerza y materia lo tocante a la fisiología; objetivo que no pudo lograrse habida cuenta que las complejidades de la vida son demasiado vastas, y, en cuanto a las premisas explicativas, simples en demasía a todas luces.²³ En general, tanto el reduccionista rígido como el filósofo naturalista sistemático de aquel tiempo demandaban explicación absoluta y ambos, en lo esencial, eran especulativos en el método y dogmáticos a la hora de afirmar. Esto será importante a fin de apuntalar la percepción acerca de la imposibilidad de basar la ética en el solo ámbito tecnocientífico. De aquí que, con el correr del tiempo, la bioética nazca con un método de trabajo interdisciplinar que, a la postre, madurará hacia la transdisciplinariedad.

En el ámbito hispano, hay un hecho relevante por la misma época: el surgimiento y evolución del krausismo en España, una peculiar adaptación de las ideas del filósofo alemán Karl Christian Friedrich Krause al contexto español, con el fin de que se superase el atraso ancestral respectivo. Desde luego, el krausismo no es suceso central en la historia de la termodinámica. Empero, a lo largo del curso 1875-1876, las discusiones llevadas a cabo en el Ateneo de Madrid giraron en torno a la cuestión positivista, de la cual se trataba desde años antes en los mentideros intelectuales. En concreto, los debates acerca del positivismo en el círculo ateneísta se realizaron desde dos frentes, a saber:²⁴ la Sección de Ciencias matemáticas,



físicas y naturales propuso esta cuestión para debate: “Si debe y puede considerarse la vida en los seres organizados como necesaria manifestación o resultado de la energía universal”. Por su lado, la Sección de Ciencias morales y políticas centró su debate sobre “Si es cierto que las tendencias positivas de las ciencias físicas y exactas deben arruinar las grandes verdades sociales, religiosas y morales en que la sociedad descansa”. De facto, los debates de la segunda sección alcanzaron una mayor trascendencia y difusión merced a la gran personalidad y estatura intelectual de los participantes. Como vemos, cuando las leyes de la termodinámica estaban recién descubiertas, surgieron con rapidez, incluso en países atrasados, los debates en torno al impacto de la ciencia, tanto sobre la explicación de la esencia de la vida como sobre la base axiológica de la sociedad.

Teniendo como base estos antecedentes decimonónicos, el siglo XX traerá algunos sucesos dignos de destacar. En primera instancia, en el cambio de siglo, tenemos a Herbert George Wells y su obra, dado que este maestro de la ciencia ficción pondrá en su debido lugar la forma de concebir las utopías, un concepto neurálgico en la forja del pensamiento bioético en sus diversos enfoques. Con mayor precisión, como resalta René Dubos antes de la acuñación del neologismo *bioética* por parte de Van Rensselaer Potter, el talón de Aquiles fundamental de todas las utopías antiguas y de la mayor parte de las modernas estriba en la postulación de una sociedad más o menos estable en un medio estable.²⁵ Tal era el caso

de las utopías concebidas por Platón, Thomas Moro y Francis Bacon. Sin embargo, las sociedades estáticas no tienen chance de sobrevivir en realidad, puesto que tienen que trastornarse y desmoronarse en un mundo donde todo cambia y se mueve sin cesar. En todo caso, entre los utopistas, Wells tiene el mérito de ser el primero en haberse dado cuenta de que las sociedades, como todas las cosas vivas, están en equilibrio dinámico inestable con el medio; comprensión lograda por él gracias a su sólida formación en biología con Thomas Huxley. En otras palabras, esta precisión introducida por Wells está en consonancia con las restricciones impuestas por las leyes de la termodinámica.

Continuemos con otro gran maestro de la ciencia ficción, el celeberrimo Isaac Asimov. Es frecuente encontrar en no pocos de sus relatos reflexiones provocativas inspiradas en las implicaciones de índole diversa de la fuerza legislativa de la termodinámica. En calidad de muestra representativa al respecto, llamemos la atención hacia un cuento suyo titulado “La última pregunta”; una exploración elocuente de la evolución de la sociedad humana en buen acuerdo con las limitaciones impuestas por la segunda ley de la termodinámica.²⁶ Con fina osadía, Asimov lleva su reflexión al punto de extrapolar la evolución de la sociedad humana a escalas como la galáctica y la universal, siendo así dicho relato un buen recurso didáctico para la introducción de los estudiantes en el mundo de la segunda ley. Por lo demás, señalemos que el relato de marras está en armonía con el enfoque de utopía pergeñado por Wells.

Tiempo después, en la década de 1960, poco antes de la presentación de la bioética por parte de Potter, ve la luz un libro importante: *Ciencia y supervivencia*, del ecólogo norteamericano Barry Commoner; libro que, como el de Dubos, merecerá su mención en los escritos de Potter sobre bioética global. En su libro, Commoner aborda sus análisis de forma deliberada en sintonía con las restricciones impuestas por la termodinámica, al mostrar con claridad las relaciones existentes entre crisis ecológica, crisis energética y crisis económica.²⁷ Con lucidez, diagnostica el despilfarro de nuestra civilización. Es lo que él llama la “masacre termodinámica”. Por ejemplo, cuando nos bañamos con agua caliente, calentamos el agua con electricidad generada en una central hidroeléctrica o termoeléctrica merced a una turbina unida a un alternador; electricidad transportada a una gran distancia, con muchas pérdidas en el camino, y todo con la mera finalidad de calentar el agua del baño. Todo un dislate que demuestra la ignorancia supina de nuestra civilización acerca de los límites al crecimiento impuestos por la fuerza legislativa de la termodinámica.

Poco después, mientras Potter difunde su concepción de la bioética, Iván Illich, notable filósofo y teólogo austríaco afincado a la sazón en Latinoamérica, publicará los resultados de sus investigaciones acerca de la crisis de la sociedad industrial, de la cual ha sido uno de sus críticos más acertados y lúcidos. De ahí nace el concepto de *convivencialidad*, bien avenido con las limitaciones impuestas por las leyes de la naturaleza, sobre todo las de la termodinámica. En síntesis, es un concepto que apunta a lo que la humanidad debe hacer si desea sobrevivir a su adolescencia tecnológica. En el caso de la energía, Illich demuestra con una argumentación cuidadosa que, cuando una sociedad excede cierto umbral de consumo energético per cápita, una consecuencia inevitable es el fomento de la inequidad social. En el caso de los sistemas de transporte, dicho umbral corresponde a los 25 kph, por lo que un sistema de transportes convivencial, por así decirlo, está concebido a ritmo de bicicleta. En fin, la sociedad industrial peca de creer en ilusiones, pues, como concluye Illich:

Crear en la posibilidad de altos niveles de energía *limpia* como solución a todos los males, representa un error de juicio político. Es imaginar que la equidad en la participación del poder y el consumo de energía pueden crecer juntos. Víctimas de esta ilusión, los hombres industrializados no ponen el menor límite al crecimiento en el consumo de energía, y este crecimiento continúa con el único fin de proveer cada vez a más gente de más productos de una industria controlada cada vez por menos gente. [...] Mi tesis sostiene que no es posible alcanzar un estado social basado en la noción de equidad y, simultáneamente, aumentar la energía mecánica disponible, a no ser bajo la condición de que el consumo de energía por cabeza se mantenga dentro de límites.

Bueno, como se ve, el desarrollo sostenible no se sostiene al constituir una contradicción flagrante desde la óptica de las leyes de la termodinámica. Es un mito y nada más que eso. Su hado ha quedado bien expresado como sigue por parte de Óscar Calavía Sáez:²⁸

Al desarrollo sostenible —como ya le ocurrió a su antecesor, el cristianismo misionero— le pesa sobre todo ese estatuto de proyecto *in partibus*, de utopía cultivada en márgenes distantes. Puede cosechar algunas victorias ejemplares, manteniendo, difundiendo o recopilando técnicas, creando algunos oasis autónomos dentro de la marea global, o proponiendo alternativas que eventualmente pueden infiltrarse de la periferia hacia el núcleo. Pero, mal futuro puede augurarsele mientras las responsabilidades ecológicas se transfieren a la periferia sin sentar pie en los engranajes centrales del sistema.

En otras palabras, el desarrollo sostenible no pasa de ser una utopía de esas que plantean una sociedad estable en un medio estable, por lo que sus corifeos y prosélitos reprobaron termodinámica, ecología, economía y bioética global por así decirlo, máxime que la investigación y enseñanza de la historia de la ciencia y la tecnología es una pobre dama vergonzante en la actualidad, sobre todo en el otrora llamado Tercer Mundo. Más de medio siglo después de la advertencia de Charles Percy Snow, escritor y científico inglés, la segunda ley de la termodinámica no es aún parte de la cultura contemporánea.²⁹ En fin, con motivo de tamaño desconocimiento, la actual civilización sigue condenada a la repetición de errores del pasado. Y quizás incluso a su propia extinción.

Epílogo: *Actorum memores simul affectamus agenda*

La británica *Newcomen Society for the Study of the History of Engineering and Technology* es la asociación científica de más prestigio en dicho campo. Su divisa latina, puesta en el título de este aparte final, refleja bien su concepción de la historia. Una traducción aproximada de tal divisa puede ser ésta: “Que el futuro puede aprender del pasado”. Ahora, si nos ubicamos en el terreno de la bioética global, esta divisa ajusta como anillo al dedo, sobre todo por el papel neurálgico cumplido por el principio de responsabilidad con su heurística del miedo. En el pasado que aquí interesa, la historia de la termodinámica aporta unos elementos de juicio en extremo valiosos, como se ha procurado dejar muy claro con todo lo dicho. En otras palabras, no deja de ser preocupante reparar en el hecho que la civilización actual está muy mal avenida con la historia y la filosofía de la ciencia y la tecnología. Mientras esta situación persista, mucho me temo que el deseo de Van Rensselaer Potter en cuanto a que la humanidad alcanzase a llegar siquiera al año 3000 se ha tornado evanescente en extremo. Dios sabe si la humanidad podrá arribar al siglo XXII aunque sea. ¿Nos serán propicios los hados?

Glosario

Entropía: medida del cambio, ligada a la flecha del tiempo, por la cual los fenómenos naturales transcurren sólo del pasado al futuro. Así mismo, una medida del desorden a nivel molecular.

Movimiento perpetuo: ilusión que consiste en querer obtener cantidades ilimitadas de energía gratuita en contravía a lo prescrito por las leyes naturales.

Primera ley: la que prescribe la conservación de la energía del universo.

Segunda ley: aquella que prescribe el aumento constante de la entropía del universo y la generación de entropía en

los procesos naturales. Significa que la energía, aunque se conserva, se degrada hacia formas menos útiles.

Termodinámica: ciencia que se ocupa de la energía, su transformación y su degradación.

Personajes claves

Nicolas Léonard Sadi Carnot. Ingeniero militar francés de las primeras décadas del siglo XIX, autor de las *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, texto seminal en la investigación de la termodinámica.

Van Rensselaer Potter. Humanista y oncólogo estadounidense, introductor moderno del neologismo *Bioética* al finalizar la década de 1960.

Iván Illich. Filósofo y teólogo austriaco, fundador del Centro Intercultural de Documentación (CIDOC), crítico lúcido de la sociedad industrial y artífice del concepto de convivencialidad a comienzos de la década de 1970.

Rudolf Clausius. Físico alemán que desarrolló el concepto de entropía en la segunda mitad del siglo XIX, con base en el trabajo seminal de Carnot.

Nicholas Georgescu-Roegen. Padre de una escuela económica basada en las leyes de la termodinámica, que ha inspirado así mismo la de Jeremy Rifkin. ■

Carlos Eduardo de Jesús Sierra Cuartas (Colombia)

Magíster en Educación de la Pontificia Universidad Javeriana e Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia, de la que es profesor asociado en la Facultad de Minas. 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*.

Notas

1 Hans Jonas. *El principio de responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder, 2004.

2 Julio Samsó. *Las ciencias de los antiguos en al-Andalus*. Madrid: Mapfre, 1992.

3 Tiezzi Enzo. *Tiempos históricos, tiempos biológicos. La Tierra o la muerte: Los problemas de la "nueva ecología"*. México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

4 Carl von Klinckowstroem. *Historia de la técnica: Del descubrimiento del fuego a la conquista del espacio*. Barcelona: Labor, 1965.

5 Al respecto, señalemos las fuentes siguientes: (1) García T., N. "Inventores españoles del Siglo de Oro". En: García T., N. (ed.). *Historia de la técnica*. Barcelona: Prensa Científica. 1994, pp. 90-97. (2) García T., N. "En busca de tesoros bajo el mar: Invenciones de equipos para bucear en América". En: *Revista de Indias*, 55, 203, 7-31, 1995. (3) García T., N. "Ingeniería e invención en el Siglo de Oro: El caso de Jerónimo

de Ayanz". En: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. *Los orígenes de la ciencia moderna: Actas años XI y XII*. Canarias: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias, 2004, pp. 69-101. (4) García T., N. "The Repercussions of Spanish Technology in the Discovery of the American Continent". En: *ICON: Journal of the International Committee for the History of Technology*, 5, 1999, pp. 113-127.

6 Santiago Riera i Tuebols. Los "Ictíneos" de Narcís Monturiol. *Investigación y Ciencia*, 59, pp. 98-108.

7 Bruno Jacomy. *Historia de las técnicas*. Buenos Aires: Losada, 1992.

8 Ivan Illich. *Obras reunidas I*. México: Fondo de Cultura Económica, 2006.

9 Carl Mitcham. *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos, 1989.

10 Ortega, Op. cit.

11 John U. Nef. Consecuencias de una anterior crisis energética. En: *Investigación y Ciencia*, 16, 1978, pp. 74-81.

12 *Ibid.*

13 Sadi Carnot. *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia y otras notas de carácter científico*. Madrid: Alianza, 1987.

14 Jacques Grinevald. De Carnot a Gaia: Historia del efecto invernadero. En: *Mundo científico*, 12, 126, 1992.

15 Michel Serres. *Turner traduce a Carnot*. En: *Hermes III: La traducción*. París: Minuit, pp. 233-242, 1974. (Traducción de Luis Alfonso Paláu C., Seminario *De la filosofía de la comunicación a la filosofía de los cuerpos mezclados*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1992).

16 William Ospina. Hölderlin y los U'wa. En: *Revista Número*, N.º 45, pp. 14-23.

17 Serres, Op. Cit.

18 *Ibid.*

19 V. M. Brodianski. *Movimiento perpetuo: Antes y ahora*. Moscú: Mir, 1989.

20 *Ibid.*

21 Robert L. Park. *Ciencia o vudú: De la ingenuidad al fraude científico*. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 2001.

22 Brodianski. Op. cit.

23 William Coleman. *La biología en el siglo XIX: Problemas de forma, función y transformación*. México: Fondo de Cultura Económica, 2002.

24 Antonio Jiménez G. *El krausismo y la Institución Libre de Enseñanza*. Madrid: Cincel, 1992.

25 René Dubos. *Los sueños de la razón*. México: Fondo de Cultura Económica, 1996.

26 Isaac Asimov, I. *Cuentos completos I*. Barcelona: Ediciones B, 2006.

27 Barry Commoner. *Ciencia y supervivencia*. Barcelona: Plaza y Janés, 1970

28 Óscar Calavia. El indio ecológico: Diálogos a través del espejo. En: *Revista de Occidente*, N.º 298, 2006.

29 Charles Percy Snow, C. P. *The Two Cultures*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.