

Editorial

Entropía, medicina y economía

Manuel Quijano

No es fácil explicar en detalle lo que significa entropía. El diccionario Webster le da tres entradas y el de la Real Academia cree simplificar la cosa diciendo (sin lograrlo): “La magnitud física que multiplicada por la temperatura absoluta de un cuerpo da la energía degradada, o sea, la que no puede convertirse en trabajo si no entra en contacto con un cuerpo más frío”.

Hace cincuenta años aquí, Demetrio Sodi y Enrique Cabrera, médicos científicos avanzados en nuestro medio, empezaron a hablar de entropía y nosotros los legos nos entusiasmos porque parecía una explicación revolucionaria de la vida...lo que nunca fue. Una definición más comprensible es: “Una medida de la energía no disponible en un sistema termodinámico”.

En 1824 el francés Sadi Carnot inició la disciplina de la termodinámica con una observación que parece elemental: que el calor se mueve por sí mismo, del cuerpo más caliente hacia el más frío. De ahí nació otra observación más importante, que ello es irreversible, no puede marchar en sentido contrario...en un sistema cerrado; que fue lo que adelantó otro ingeniero francés en 1850, RJ Clausius, introductor del concepto de *entropía* diciendo que era la medida del orden o del desorden de la energía en un sistema, que siempre tiende al equilibrio. Y los físicos establecieron las dos leyes de la termodinámica, hasta ahora inmutables: la primera, que la energía no se destruye sino se transforma y la segunda, que toda transformación constituye una degradación, una pérdida parcial de la energía total disponible porque no hay una transformación inversa completa, lo que se expresa en una función matemática y eso es la entropía. Y hablar de eso es halagador pues se refiere al intercambio de materia y energía y el que habla de ello cree acercarse a Einstein.

En física se habla de “sistemas”, que es todo lo que está en equilibrio con el ambiente, pero dentro de él hay siempre un cierto grado de inestabilidad que representa el grado de distribución de la energía. Mientras más uniformemente esté distribuida, mayor es la entropía; por eso se dice que es la medida del desorden, de la magnitud en que hay cambios físicos y químicos contrarios al equilibrio del sistema, y paradójicamente, la más alta entropía se encuentra en la muerte. Y aquí llegamos finalmente a la biología: la materia viva intercambia constantemente energía con el ambiente y constituye uno de los sistemas más inestables de la naturaleza.

La *vida* es la característica de ciertos fenómenos de regularse por sí mismos, y es independiente (al menos en forma

aparente) de las cosas externas. Aunque, en realidad, las células toman energía libre, la almacenan, la utilizan en trabajo químico y la devuelven al ambiente en forma de calor. La vida que se manifiesta en los seres vivos, los convierte en los únicos sistemas con entropía negativa que toman energía de su entorno y eso por un corto tiempo y, cuando dejan de hacerlo, inician su declinación, su deterioro, aumenta su entropía, hasta la muerte, que es la estabilidad absoluta. Porque no debe hablarse de la entropía de un sistema, sino de la entropía de ese sistema y la de su entorno. La ciencia se ocupa de los fenómenos de la vida, como la reactividad, la plasticidad, del metabolismo, la reproducción; en todos ellos, en última instancia, se utiliza energía libre y se transforma en trabajo.

Hay que insistir en esto; en el caso de los seres vivos el concepto de entropía no contradice la segunda ley de la termodinámica: la materia viva no detiene el proceso de degradación de la energía y del aumento de la entropía; no existe un comportamiento “antinatural” de la materia viva, no existe un “elan vital”, por seductor que pudiera parecer. Hasta Borges, poeta y literato dice en “La historia de la humanidad”: “una vez alcanzado el máximo de entropía, igualadas las temperaturas y excluida o compensada toda acción de un cuerpo sobre otro, el mundo será un fortuito concurso de átomos en el centro profundo de las estrellas; a fuerza de intercambios el universo estará tibio y muerto”. Es decir, ni la poesía puede violar la ley de la materia.

Se ha hablado de física y de biología. Pero vivimos en la era de la economía y de la tecnología, se han construido máquinas que utilizan energía, el calor, el vapor, los combustibles y hacen trabajo; es la era de la Revolución Industrial, de la domesticación de la electricidad e inclusive de la energía atómica; acontecimientos que produjeron euforia con la esperanza de descubrir una fuerza que se perpetúe a sí misma. Todas las grandes invenciones han tenido la intención de utilizar en mayor escala los recursos naturales, la energía libre y de baja entropía, con el menor perjuicio. Si se construyeron automóviles, aviones de propulsión a chorro, si se llegó a la luna, ¿no podría crearse algo, aunque fuera pequeño, pero que no dejara desechos que no pudieran ser totalmente reciclados, invirtiendo una cantidad de entropía menor que la que reciclaba?

Los economistas se fijaron que había una entropía baja y una alta, pues hay una energía libre, disponible, y una energía

ligada, no disponible. La disponible es la contenida en un pedazo de carbón que, si se quema, produce calor pero cuya energía se pierde convertida en humo y ceniza, o en el agua que al hervir se convierte en vapor, en el que, según la segunda Ley, hay una entropía mayor. La energía ligada o no disponible está, por ejemplo, en el océano en cantidades enormes, en forma de calor no utilizable. La energía libre a que tiene acceso el hombre es escasa e irrecuperable y se ha explotado exhaustivamente; tiene dos fuentes: la reserva de minerales en el subsuelo y la radiación solar cuya técnica de utilización es todavía precaria: su uso está restringido al calentamiento del agua de uso doméstico y las piscinas (olvido, de momento, las células fotoeléctricas que pueden alimentar un televisor para llevar al campo la educación elemental). El economista, preocupado por “la utilidad”, ve que en el proceso económico entran recursos valiosos y salen desechos sin valor; entran con entropía baja y salen con entropía alta. En contra de sus esperanzas de que el proceso económico fuera un asunto circular, tiene una evolución unidireccional y lo único que circula es el dinero, va de un lado al otro y de ahí el fetichismo por él; todo lo demás se degrada y se consume.

En la lucha entrópica del hombre de los últimos dos siglos, la ciencia y la tecnología han permitido un desarrollo casi milagroso de la economía...pero ha forzado al mismo hombre a utilizar los recursos terrestres en un grado casi feroz que, con el aumento de la población mundial, está a punto de desencadenar un desastre global.

El problema del destino de la especie humana radica en el agotamiento de las fuentes terrestres de entropía baja. Y si no se domina en corto plazo la utilización de la energía libre de la radiación solar, tendrá que detenerse, al menos parcialmente, la fase industrial de la economía. ¿Cambiano inversamente el tractor por el buey?

¿Viviendo de la fotosíntesis de la clorofila? ¿olvidándose de la mecanización de la agricultura –antieconómica a la larga? Panorama de incertidumbre.

Porque la utilización de la energía ligada, no libre o disponible, está por verse; claro que ha habido optimismo y esperanzas confiadas como cuando se logró *liberar bajo control* la energía del átomo, pero, simplistamente, sería mejor pensar en la posibilidad de construir nuestras máquinas indispensables sin producir paralelamente “desechos”; o la reutilización, la recirculación perpetua de algunos productos de entropía “baja”.

Debe reconocerse que el desarrollo económico y la abundancia industrial han sido hasta ahora una bendición, pero son también una amenaza para el desarrollo de la especie humana como un todo. En algún otro editorial he escrito que la estrategia de la selección natural en la evolución biológica representa un desperdicio grandísimo de energía al producir seres tan grandes como los dinosaurios, o al gastar tanto

en los colores de las mariposas, en los olores de las flores o en los millones de espermatozoides para fecundar un solo óvulo. Esta reflexión podría tomarse como muestra de la vanidad del hombre que se considera más sabio que la naturaleza. Pero aparte de la admiración y la confianza desmedida que tenemos por nuestros sabios y eruditos, el hombre es el único animal que se preocupa por sus descendientes y por la supervivencia de la civilización por él creada. (aunque la verdad es que se preocupa por sus descendientes ... hasta el nivel de sus bisnietos y no más allá).

Extendido su poderío gracias al conocimiento y al dominio de la naturaleza, el animal humano aceptó gustoso los adelantos mecánicos y las comodidades de la inventiva, pero *ipso facto* se convirtió en adicto y *dependiente* de una escasa fuente de sostén de su civilización, incrementó sus demandas de recursos naturales, se reprodujo en una forma explosiva y se ha vuelto un elemento nocivo, pues por si fuera poco, contamina la misma escasa fuente de subsistencia. Pero me he divagado pues ¿qué tiene que ver este enredado concepto de la entropía con la economía? Pues como la entropía es una forma de medir la actividad, el orden o el desorden, de las restricciones, de lo gastado que esté un sistema, tiene que ver con la economía. Es, al fin y al cabo, un concepto que se refiere al rendimiento energético de las máquinas; hasta podría decirse que es un concepto que tiene cierta relación con el concepto del caos, campo de nuevo estudio e investigación, muy “manoseado” y del que me excluyo en hablar.

Para no dejar este exagerado regusto pesimista, confesaré que si no me preocupo por lo que sucederá dentro de mil años, sí creo que mis bisnietos vivirán una época en que los tecnólogos habrán aprendido a fabricar gasolina de productos vegetales (si la gasolina todavía es necesaria), y que dominarán cómodamente la técnica de convertir la energía solar, en electricidad, calefacción, fuerza motriz etc. y que el aire, el agua y el subsuelo se conservarán limpios, las playas tropicales acogedoras llenas de chicas delgadas y con poca ropa, las bebidas alcohólicas libres de congéneres (responsables de la cruda) se consumirán con moderación, los novelistas y los poetas plantearán problemas socio y psicológicos de variada profundidad para instruir y entretener a la gente, y que aunque los pintores, escultores y músicos logren salir del bache en el que desventuradamente se encuentran actualmente desde el punto de vista de creatividad original y bella, se continuará amando a los clásicos: desde Bach, Mozart y Beethoven hasta Debussy, Manuel M. Ponce, Stravinsky y Penderesky o Revueltas, así como a Velásquez, Goya, Rodin y Picasso.

Todo ello constituirá el mayor descubrimiento entrópico del hombre.