

Fuerzas y fuentes de energía

Mireia Piera

Manuel Perlado

José María Martínez-Val

Al contemplar la grandeza del Universo somos vagamente conscientes de los enormes dispendios energéticos que tienen lugar a una escala impensable para nosotros en su amplitud, y en la cual nuestras necesidades son un ínfimo ínfinitésimo. De esa amplitud descomunal nos interesa subrayar un hecho: la fenomenología energética observada hasta hoy en nuestra naturaleza se explica por la acción de una o varias de las siguientes fuerzas: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte, y la nuclear débil.

Tomemos el sol, que dentro de esa infinitud finita que es el Universo, nos resulta fundamental por su cercanía, a pesar de que la distancia media que nos separa de él es de 150 millones de km. Tiene un radio algo inferior a 700.000 km, y una masa cercana a 2×10^{30} kg, y una potencia, disipada como radiación electromagnética, de $3,9 \times 10^{26}$ W, con una temperatura superficial equivalente de 5.780 K.

Su potencia la produce merced a consumir protones mediante reacciones de fusión a una tasa que puede parecernos altísima, de 600 millones de toneladas por segundo, pero que por fortuna es moderada en comparación con su propia masa. De hecho necesitaría unos 10.000 millones de años para consumir la décima parte de esa masa a través de las mencionadas reacciones. Esa cifra temporal, o algo menos, es lo que se espera que viva el sol como estrella activa, calculándole actualmente una edad de 4.500 millones de años, y estando hacia la mitad de su periplo vital como astro energético, por lo que le quedaría vivir otro tanto.

Las reacciones nucleares de fusión por las cuales se genera helio a partir de hidrógeno (protones) son factibles por las muy altas temperaturas, de decenas de millones de K (o oC) que existen en su núcleo central, que aloja alrededor del 40% de su masa en tan sólo el 3% de su volumen. Esas temperaturas son consecuencias de las enormes presiones generadas por la atracción gravitatoria. Sin una masa tan alta como la del sol, no habría fuerza suficiente para propiciar las reacciones nucleares. Así pues, nuestro sol, del cual parte la energía de nuestra vida y nos sirve como ente fundamental de nuestro equilibrio termofísico, es en esencia un gigantesco reactor nuclear de fusión por confinamiento gravitatorio. De esta manera encontramos en el sol dos de las fuerzas antedichas: la gravitatoria y la nuclear fuerte (que es una fuerza de intensidad extraordinaria que liga entre sí a los constituyentes del núcleo atómico, protones y neutrones, y que no es de largo alcance, sino prácticamente de contacto). En el sol encontramos también las otras dos fuerzas: la electromagnética y la nuclear débil. Esta última es responsable de diversos tipos de desintegraciones radiactivas nucleares, y en el sol se dan como complemento de las reacciones de fusión, para completar el ciclo de Bethe de síntesis del helio, así como otros secundarios, que contribuyen a la nucleosíntesis estelar, concepto que engloba la formación de núcleos de

elementos químicos de creciente masa atómica. Y también encontramos la fuerza electromagnética, tanto en el seno del sol, propiciando la evacuación del calor hacia el exterior, como en su superficie, pues la mayor parte de su potencia térmica se libera como radiación electromagnética (cuyos constituyentes elementales son fotones, algo menos de la mitad de ellos correspondientes a la luz visible). También escapan otras partículas, esencialmente neutrinos (partículas abundantísimas en el Universo, pero de naturaleza física muy compleja, con muy poca probabilidad de interacción con la materia) así como protones y rayos gamma y X de muy alta energía individual. Sin embargo, desde el punto de vista de la interacción térmica, ésta está absolutamente dominada por la radiación luminosa electromagnética.

Tal como acabamos de describir, queda patente que la fusión nuclear es, por así decirlo, el motor energético del universo, y sin ella las estrellas serían astros muertos, y muerto quedaría lo demás, particularmente la Tierra. En la Tierra podemos producir artificialmente reacciones de fusión nuclear, en reactores ad hoc. Serían reacciones parecidas a las del sol, pero no exactamente las mismas. En vez de protones (isótopo fundamental del hidrógeno) se emplearían básicamente sus isótopos superiores, el deuterio (un protón y un neutrón, isótopo natural en nuestra agua, aunque no muy abundante, del orden de 1,5 diezmilésimas) y el tritio (un protón y dos neutrones, no natural, pero producible por reacciones nucleares a partir del litio, fundamentalmente terrestre, aunque también del mar). Aunque se ha dicho que el deuterio es muy poco abundante, la fortaleza de las reacciones nucleares es tan intensa, que el equivalente energético, grosso modo, del contenido de deuterio en un litro de agua de mar es de un barril de petróleo. Un litro, un barril (unos 160 litros). De todo el mar. Sobran comentarios para subrayar la potencialidad energética de la fusión. En un contexto de sostenibilidad energética resulta esencial esta fuente de energía, y su potencial justifica sobradamente todos los esfuerzos de investigación que se están llevando a cabo.

Esta consideración debe completarse con el estudio de la globalidad de las fuentes de energía, tal como las entendemos a la luz de nuestro conocimiento del mundo físico, que ya hemos dicho es capaz de explicar la naturaleza de las interacciones energéticas observadas. Esta globalidad se recoge en la figura 2, donde se estructura sinópticamente la panoplia de fuentes a partir de las cuales podríamos obtener energía para nuestras aplicaciones.

En la parte superior izquierda del cuadro aparece la rúbrica “Fusión por Confinamiento Gravitatorio” anteriormente analizada al explicar la energía solar. Esta ha ido llegando a la Tierra a lo largo de la existencia del sistema solar, y una pequeña fracción fue absorbida en organismos autótrofos, como vegetales y plancton marino. A su vez una pequeña parte de esa fracción fue sometida a procesos físico-químicos de origen tectónico, y como consecuencia de ello sus moléculas perdieron su contenido de oxígeno y, en algunos casos, incluso de hidrógeno, quedando residuos fosilizados de carbón o de hidrocarburos, según la procedencia terrestre o marítima de esa biomasa, y según los procesos tectónicos, su intensidad y su duración, que dieron lugar a las transformaciones de termogénesis, bacteriogénesis y, en menor medida, abiogénesis, originarias de los combustibles fósiles. Todo ello dio lugar a los combustibles fósiles, procedentes de la biomasa geológica remota, por ejemplo de la Era Primaria (periodo Carbonífero). Constituyen hoy día el pilar fundamental de nuestro abastecimiento energético, pues en el año 2000 se consumieron 3500 Mtep de petróleo, 2190 Mtep de carbón y 2165 Mtep de gas natural, y la tendencia no va a modificarse a corto y medio plazo, por la estructura de los mercados y

de las tecnologías de aplicación energética, salvo en que se acentuará el consumo de gas. Por descontado, en un escenario de Desarrollo Energético Sostenible, los combustibles fósiles no juegan ningún papel. Sí lo deben jugar en el esfuerzo sostenido por establecer las nuevas pautas energéticas sostenibles de una manera racional, a partir de ahora, con el adecuado esfuerzo de investigación y desarrollo.