Epicentro. ¿Es posible un debate nuclear sin retórica?

Posted on 1 de abril de 2010 by Juan José Gómez Cadenas

En el número correspondiente al otoño de 2009, la revista *Agenda Viva*, publicada por la Fundación Félix Rodríguez de la Fuente, inauguraba una sección, denominada «Epicentro», cuyo objetivo es tratar cuestiones a la vez actuales y controvertidas. Y cuando de actualidad y controversia se trata, pocos temas lo son tanto como el de la energía nuclear, que representa, para unos, «la única fuente disponible capaz de suministrar grandes cantidades de electricidad sin contaminar la atmósfera» (María Teresa Domínguez, presidenta del Foro de la Industria Nuclear Española) y, para otros, «un espejismo que se irá desvaneciendo con el paso de los años» (Marcel Coderch, autor de *El espejismo nuclear*). Ambos escriben tan categóricas e irreconciliables frases en sus respectivas contribuciones a la pregunta con que

se aventura «Epicentro» y que reza: «¿Es la energía nuclear una alternativa asumible?». Recuerdo una letra de Tracy Chapman que dice así: «Across the lines / Who would dare to go / Under the bridge / Over the tracks / That separate whites from blacks». Si nadie se atreve a salir de las barricadas en un país donde el conflicto entre negros y blancos sigue sin resolverse, siglo y medio después de abolirse la esclavitud, sólo hay dos alternativas: «Choose sides / Or run for your life».

También, en lo que se refiere a la energía nuclear, el ciudadano parece verse abocado a alinearse en uno de los dos bandos o arriesgarse a que le lluevan pedradas desde ambos. Valga apuntar, sin embargo, que indecisos hay pocos. Casi todo el mundo sostiene una vehemente opinión, que suele incluir una condena sin paliativos a los que piensan de otra manera. Y casi nadie se ha leído un libro al respecto, y no porque escaseen, sino porque cuesta poner en duda un dogma de fe.
El que está convencido, digamos, de que los residuos nucleares son un problema intratable, no va a gastarse veinte euros en un libro como *Nucleares, ¿por qué no?*, del catedrático de física nuclear, escritor, poeta y domador de caballos Manuel Lozano Leyva, a pesar de que en sus amenas trescientas y pico páginas descubriría, con toda probabilidad, algunas cosas nuevas.

Descubriría, por ejemplo, que los residuos de alta actividad que produce una central nuclear cada año pueden reducirse a un volumen de un metro cúbico una vez reprocesados y vitrificados. O lo que es lo mismo, los temidos radioisótopos de vida casi eterna que han

producido todas las centrales nucleares españolas durante toda su historia cabrían en el establo donde Lozano guarda sus purasangres.

Cierto es que estos indeseables son muy venenosos debido a su actividad (y en consecuencia tan peligrosos, si se ingieren, como el mercurio, el amoníaco, el arsénico, o los varios derivados del azufre que la industria convencional produce en cantidades suficientes como para anegar trescientos campos de fútbol al año), pero no es menos verdad que, a diferencia de los residuos industriales –muchos de los cuales se vierten, sin más, al medio ambiente–, los de origen nuclear están, por necesidad y por ley, encerrados bajo siete llaves. Si se reprocesan (tal como hace Francia y el Reino Unido, pero no España) quedan atrapados en vidrio insoluble, o en las resistentes pastillas cerámicas que forman los elementos de combustible. En ambos casos, los residuos se sellan en el interior de barriles de titanio, acero o cobre, a menudo de doble capa. Aunque hay otras soluciones, dado su reducido volumen podríamos permitirnos el lujo de perforar un agujero en granito a un kilómetro de profundidad, depositarlos allí y sellar de nuevo, aislándolos del ecosistema por una sucesión de caparazones esencialmente imposibles de quebrarEsta técnica, defendida en el célebre informe del Massachusetts Institute of Technology, o MIT, *The Future of Nuclear Power*, se denomina «técnica de perforación» –bore hole–, ya que utilizaría las perforadores que permiten excavar agujeros de similar profundidad para extraer petróleo.. Imposible no hay nada, cierto. Pero una probabilidad inferior a uno en un millón de años se le aproxima bastante.

¿Uno en un millón de años? Considera, desconfiado lector, las condiciones que deben darse para que vuelvan los radioisótopos así enterrados a la cadena trófica donde podrían envenenarnos. Sería necesario que una corriente subterránea penetrara en la roca de granito macizo, disolviera el sellado de hormigón con que hemos cegado la cavidad, disolviera el segundo sellado impermeable de arcilla o bentonita que rodea al contenedor, disolviera el titanio y el acero del barril, disolviera el insoluble vidrio (hay copas de los caldeos, de más de tres mil años de antigüedad, que se han encontrado intactas en el lecho de ríos, tras milenios en remojo) y se escapara, arrastrando unos materiales que se transportan mal en agua, al ser muy pesados, de vuelta a la superficie, un kilómetro más arriba. ¿Cuán probable es ese supuesto? ¿Cuánto debe preocuparnos? Mucho menos, si nos hacemos las cuentas –Lozano no sólo se las hace, sino que nos las explica con envidiable claridad–, que la posibilidad de que nos parta un rayo.

Invertir veinte euros en la obra de este científico y divulgador nos servirá para asimilar los fundamentos físicos en los que se basa un reactor nuclear (y una bomba atómica), para saber cómo y por qué funcionan estas prodigiosas máquinas, para entender mejor sus mecanismos de seguridad y para desmitificar el fenómeno natural que denominamos

radiactividad.

Un capítulo particularmente inspirado del libro es el que dedica al accidente de Chernóbil y sus consecuencias. Lozano dibuja un retrato honesto, vívido y estremecedor de aquella tremenda catástrofe, pero a la vez nos ofrece números concretos, separando el grano de los datos de la paja de tanta exageración como se ha vertido sobre el desastre. Los que teman que la central nuclear de su provincia sufra un accidente similar quizá se tranquilicen cuando descubran que el modelo ruso presentaba características radicalmente diferentes de los reactores mayoritarios hoy en el mundo (los llamados reactores de agua ligera, de los que hablaré más tarde). En éstos, las leyes físicas impiden que la reacción en cadena se descontrole como ocurrió en ChernóbilEn un reactor de agua ligera, el agua es a la vez refrigerante y moderador de neutrones. Cuando la reacción en cadena comienza a descontrolarse, aumenta inmediatamente la temperatura, con lo que el agua hierve y se evapora. Pero al haber menos agua hay menos moderador y los neutrones dejan de ralentizarse. Sin embargo, la reacción en cadena en el interior del reactor precisa de neutrones lentos para fisionar el uranio. Cuando desaparece el agua, por tanto, se detiene la reacción. En Chernóbil, el reactor estaba moderado por grafito y refrigerado por agua. Cuando empezó a evaporarse el agua, la reacción, de hecho, se descontroló aún más, ya que era el grafito quien ralentizaba los neutrones y la ausencia del agua eliminó un efecto compensador, esto es, la absorción de neutrones por el hidrógeno para convertirse en deuterio.; además, el tremendo búnker de hormigón armado de más de un metro de espesor que protege el núcleo (y del que el reactor soviético carecía, debido a sus aplicaciones militares) habría resistido, muy probablemente, las explosiones químicas (ningún reactor nuclear puede explotar como una bomba atómica) que destrozaron la cúpula de aquél, quedando, por tanto, contenida toda o buena parte de la radiactividad en su interior.

Chernóbil costó mucho sufrimiento, eso no lo niega ni Manuel Lozano ni nadie en sus cabales. La enorme radiactividad liberada mató a cincuenta y seis personas, casi todos ellos parte de una cohorte de bomberos, pilotos de helicóptero y otros trabajadores que el autor no duda en calificar de héroes. Se dieron también muchos casos de cáncer de tiroides en niños (casi todos tratados con éxito), y es indudable que algunos de los «liquidadores» (el más de medio millón de trabajadores, casi todos jóvenes, casi todos militares, que se ocuparon de limpiar las instalaciones destruidas) desarrollaron, o desarrollarán, cáncer o leucemia. La Organización Mundial de la Salud, no obstante, lleva cinco lustros estudiando este grupo de alto riesgo sin haberse establecido hasta el momento un aumento significativo de cánceres sólidos o leucemias con respecto a las poblaciones de control que no fueron expuestas a la radiactividad.

Pero si para opinar, sobre todo en un tema tan complejo como el de la energía nuclear, hay

que estar bien informado, es importante conocer más de una opinión. De ahí el interés de otro libro, cuyo título y autor ya he mencionado: *El espejismo nuclear*», firmado por Marcel Coderch junto con la periodista Nuria Almirón. A la pregunta planteada por Lozano, *Nucleares, ¿por qué no?*, contesta Coderch afirmando que la energía nuclear no es la solución al dilema energético, sino parte del problema, ya que los partidarios de este credo –que él condena como falso– yerran al afirmar que pueden resolver un problema que en realidad sólo puede solucionarse cambiando radicalmente nuestro estilo de vida.

Lo cierto es que un repaso severo a la historia de la segunda mitad del siglo XX parece darle la razón al ingeniero. El origen de la energía nuclear civil se debe en gran parte a la voluntad de legitimar una tecnología cuya aplicación era sobre todo bélica. Y a pesar del inmenso *know-how* acumulado en los primeros diez años de la industria –como comprobará quien se acerque a las apasionantes memorias de Alvin Weinberg, uno de los más carismáticos y brillantes padres de la tecnología–, las soluciones que acabaron imponiéndose no fueron, probablemente, las mejores.

La tecnología imperante hoy en día se adoptó a partir de los dispositivos que movían los submarinos atómicos norteamericanos. Pero las ventajas de un pequeño y compacto reactor de agua a presión (o PWR, de sus siglas en inglés, *Pressurized Water Reactor*) a la hora de mover un navío no escalan bien a una planta eléctrica que produce mil millones de vatios de potencia eléctrica. Al margen del desafío de ingeniería que suponen esas catedrales de hormigón y acero, entre cuyos miles de tuberías, válvulas y bombas neumáticas circula agua a presiones brutales y elevadas temperaturas, el PWR presenta dos grandes desventajas: en primer lugar, aprovecha sólo el isótopo minoritario del uranio, U-235Las propiedades químicas que definen un elemento vienen dadas por el número de electrones en la corteza del átomo, que es idéntico al número de protones en su núcleo. El uranio tiene 92. Llamamos isótopos a diferentes versiones de un elemento, con el mismo numero de protones –y, por tanto, de electrones, lo que implica idénticas propiedades químicas– pero diferente número de neutrones. El uranio natural es una mezcla de tres isótopos. El más importante en proporción (99,3%) es el U-238, con 92 protones y 146 neutrones. Alrededor del 0,7% es U-235U, con 143 neutrones, y una fracción muy pequeña es U-234U, con 142 neutrones. La clave de la energía nuclear es que el isótopo U-235U puede fisionarse, es decir, partirse en dos trozos más pequeños cuando le golpea un neutrón lento, liberando energía en el proceso., cuya proporción en el mineral natural es del 0,7%, y requiere además enriquecer el uranio natural (compuesto sobre todo de U-238, que no se fisiona) aumentando la proporción de U-235 en éste hasta un 3-5%. Las mismas técnicas que permiten enriquecer el uranio al 5% y fabricar combustible nuclear permite enriquecerlo al 90% y fabricar bombas atómicas. ¿Alguien dijo Irán?

Otros argumentos que Coderch esgrime contra la energía nuclear son sus elevados costes de generación y la complejidad de construir y financiar las plantas atómicas. De hecho, hay una razón de Perogrullo para explicar ambos fenómenos. Una central térmica convencional de gas natural o carbón no es más que una gigantesca y sofisticada caldera cuya misión es hervir vapor de agua para mover una turbina. Una central nuclear es, además, un enorme sarcófago de contención de radioisótopos. Unos radioisótopos que siguen emitiendo enormes cantidades de calor y partículas ionizantes, incluso cuando la reacción en cadena que hace posible la producción de energía se detiene, razón por la cual las barras de combustibles irradiado permanecen durante décadas en piscinas situadas en el interior del búnker que encierran el núcleo.

¿Peligroso? Según se mire. Es innegable que en el interior de un reactor nuclear hierve una cantidad descomunal de radiactividad, capaz, si se libera completamente al medio ambiente, de causar decenas de miles de víctimas. Por otra parte, si nos atenemos a los datos, podemos constatar que la energía nuclear no ha causado prácticamente fatalidad alguna en los últimos veinticinco años, lo que ha dado lugar a que dos importantes estudios recientes, el publicado por el Paul Scherrer Institut y el denominado EXTENT-E, la califiquen como una de las fuentes de energía primaria más seguras, tanto como la energía eólica y más que la hidráulica, el carbón o el gas natural. Precisamente porque el combustible irradiado es peligroso, los protocolos de seguridad son draconianos.

Cuatrocientos y pico reactores funcionando durante cinco lustros sin accidentes serios son equivalentes a un reactor nuclear funcionando durante unos trece mil años sin problemas. ¡No está mal! La probabilidad de que los nuevos reactores de la llamada generación III+, como el EPR o el ABR, sufran un accidente se estima en menos de uno en cien mil años y la probabilidad de que, en caso de producirse un accidente, se emita una cantidad alta de radiactividad a la atmósfera se estima en menos de uno en un millón de años.

Pero si es verdad que la ingeniería nuclear ha conseguido construir máquinas capaces de ejercer a la vez de sofisticadas calderas y segurísimo búnker, no lo es menos que la proeza no sale gratis. De hecho, sale cara, muy cara, como nos recuerda una y otra vez Coderch, que no duda en llamarla «el mayor desastre empresarial de la historia», una frase que no acuña él, sino la revista *Forbes*. Claro que, si es innegable que la energía nuclear es cara, no lo es menos que la energía solar, en sus variantes fotovoltaica y termoeléctrica, lo es muchísimo más y que la energía eólica, hoy por hoy, no lo es menos. Es verdad que la industria nuclear ha gozado de subvenciones, moratorias e inversiones a fondo perdido y no es menos verdad que son las renovables las que se subvencionan generosamente hoy en día. Ni la una ni las otras pueden competir con los combustibles fósiles, al menos mientras quienes los consumen no paguen por contaminar. Un reciente estudio (*The future of Nuclear*

Energy, Update, 2009) del MIT concluye que la energía nuclear puede competir con el carbón si se imponen tasas de 25 dólares por tonelada de CO2 emitida. Posiblemente también sea el caso de la energía eólica, cuyos costes estima la EIA en su informe de 2008 en el mismo rango que el kilovatio nuclear. O, en otras palabras, en las próximas décadas podremos contar con al menos tres fuentes de energía razonablemente competitivas con los combustibles fósiles, si el uso de éstos se grava con tasas y/o su precio aumenta: la energía hidráulica, la energía eólica y la energía nuclear. En todas ellas, por cierto, lo que prima son los gastos de construcción, mientras que el combustible sale muy barato (el caso de la energía nuclear) o gratis (el de las renovables).

Para que la energía solar sea competitiva harían faltas tasas más altas, a no ser que asistamos a importantes avances tecnológicos en las próximas décadas. Lo cual, por cierto, no es en absoluto imposible, si dedicamos el dinero invertido en energía solar a financiar el I+D+i en lugar de a subvencionar granjas fotovoltaicas cuyo impacto en el mix eléctrico es despreciable.

El espejismo nuclear no se limita a explorar asuntos de los que el autor sabe mucho, como costes y balances energéticos. Se atreve también con otros temas que Coderch toca, me parece, un poco más de oído. En mi opinión, los capítulos que dedica a la seguridad nuclear y a los riesgos de la radiactividad son inferiores –menos documentados y más tendenciosos– al resto del libro. También discrepo mucho del relato que ofrece del accidente de Chernóbil y sus consecuencias. Pero no tome el lector mi opinión, repito, como otra cosa que una invitación a aplicar su propio criterio. Marcel Coderch, en todo caso, tiene cierta afición por el superlativo, un pecado del que también es culpable, mal que le pese, quien escribe estas líneas. Desgraciadamente, en un debate como el nuclear, la muy española debilidad por la retórica contribuye a enturbiar unas aguas que vienen ya muy revueltas. Daré tres ejemplos:

1. Afirma el radiobiólogo Eduard Rodríguez Farré, en su contribución a «Epicentro»: «Aparte de los accidentes, la industria nuclear –en un punto u otro de su ciclo– introduce en el medio radionucleidos que se diseminan por la biosfera, pueden concentrarse en las cadenas tróficas e incorporarse a los humanos por vía de alimentación». Demoledor, ¿no? Y más si tenemos en cuenta el prestigio de este investigador del CSIC, presidente de la asociación de científicos por el medio ambiente y miembro del comité científico de la Unión Europea sobre nuevos riesgos para la salud.

Pero echemos un vistazo a los números que publica el Comité de las Naciones Unidas para el Estudio de las Radiaciones (UNSCEAR). Empecemos por preguntarnos qué dosis recibimos debido a causas naturales. Se da la circunstancia, para empezar, de que la Tierra es un

planeta bastante radiactivo, en cuya corteza encontramos un par de gramos de uranio y hasta seis de torio por tonelada de roca. El isótopo mayoritario del uranio (U-238) tiene una vida media de unos 4.500 millones de años, comparable con la edad de nuestro planeta, y la vida media del torio es mucho más alta. Esto quiere decir que aún queda la mitad del U-238 (y la mayor parte del torio) que había el primer día de la creación. Estos elementos se desintegran en otros, que a su vez también se desintegran, formando cadenas de elementos radiactivos, algunos efímeros, pero otros de vida bastante larga.

El componente más peligroso de la radiación natural es el radón, un gas noble (y, por tanto, inerte) que aparece en la cadena de desintegración del uranio y está presente, a veces en concentraciones considerables, allá donde hay bastante roca y poca ventilación. El radón entra en los pulmones junto con el aire y puede desintegrarse en su interior emitiendo partículas cargadas capaces de dañar los tejidos y eventualmente de inducir cáncer. Existe una correlación demostrada entre el radón y el cáncer de pulmón que viene de los primeros años de la industria nuclear, cuando un número considerable de mineros enfermó al inhalar este gas (que hoy en día se ventila sistemáticamente). Afortunadamente, las cantidades que inhala el ciudadano corriente son muy pequeñas, aunque de una casa a otra las concentraciones pueden variar por un factor 3 ó 4 (dependiendo de diversas variables, que van desde los materiales de construcción hasta la ventilación y la altitud). En las Montañas Rocosas, en Estados Unidos, la dosis debida al radón es unas diez veces superior a las que recibe el norteamericano (o el español) medio.

Las dosis radiactivas se miden utilizando una unidad denominada Sievert (Sv). Para hacernos una idea de lo que significa, una dosis de 10 Sv nos manda al otro barrio. En cambio, una dosis diez veces menor (1 Sv) generalmente no produce efectos médicos observables, pero los datos procedentes de la población expuesta a la radiación de las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki indican que la probabilidad de desarrollar cáncer de un individuo que recibe 1 Sv aumenta en un 5%, aproximadamente. Pues bien, la dosis media que nos propina el radón varía entre una y dos milésimas de Sievert, o mSv (en Colorado, la dosis debida al radón varía entre 10 y 20 mSv).

Los rayos cósmicos (partículas cargadas de alta energía que provienen del espacio exterior) añaden unos 0,5 mSv al balance de dosis recibida por causas naturales, a no ser que formemos parte de una tripulación aérea, en cuyo caso deberíamos contar con unos 3 mSv más al año, ya que a diez mil metros de altitud la atmósfera ofrece menos protección contra los rayos cósmicos que a nivel del mar. ¿Cuán dañina es la dosis anual que recibimos debido a todas estas causas? Nadie ha podido medir nunca su efecto. Sabemos con certeza que una alimentación rica en grasas aumenta el colesterol en la sangre y las posibilidades de sufrir un infarto, como también sabemos que fumar es una de las maneras más seguras que se

conocen de arruinarse la salud. Pero los estudios que han tratado de determinar el efecto de la radiactividad natural están plagados de incertidumbres. Quizá las pequeñas concentraciones de radón que respiramos diariamente contribuyan a provocar un cáncer de vez en cuando, pero su incidencia palidece frente al efecto del tabaco, la contaminación atmosférica o el abuso del alcohol.

El científico norteamericano Bernard Cohen ha publicado unos sorprendentes estudios donde muestra una aparente correlación negativa entre la concentración de radón y la incidencia de cáncer de pulmón. Esto es, cuando estudia la incidencia de esta enfermedad en dos poblaciones –una en las Rocosas (10 mSv de dosis) y otra en zonas de Estados Unidos donde la concentración es del orden de 1 mSv– obtiene que la *población que inhala menos radón sufre más cánceres de pulmón* (tras descontar el impacto del tabaco y otros efectos).

Cohen está convencido de que sus estudios demuestran que pequeñas dosis de radiactividad, lejos de ser malas, son beneficiosas para el organismo, porque refuerzan la capacidad de las células para autorrepararse. Sus opiniones son bastante controvertidas, pero, en cambio, la interpretación más conservadora de sus datos, se traduce en que *no es posible establecer que una dosis de 10 mSv sea más dañina que una dosis de 1 mSv*. Bien el efecto de ambas dosis es despreciable, bien, aunque no lo sea, es imposible de medir, enterrado bajo mil otros factores mucho más importantes (alimentación, genética, alcohol, tabaco, estrés, situaciones personales y factores económicos, por nombrar sólo unos pocos).

Además del radón y los rayos cósmicos, de vez en cuando nos hacemos una radiografía, o un escáner, o un PET, lo que supone entre uno y diez mSv más, dependiendo del tratamiento al que tengamos que someternos. En promedio, entre unas cosas y otras, el ciudadano medio recibe al año una dosis «inevitable» de unos 3 mSv, pero el lector que viva en una casa con abundante roca y poco ventilada, viaje a menudo en avión y reciba tratamiento médico que involucre radiación, puede recibir tranquilamente diez veces más.

El comité UNSCEAR se toma grandes molestias para estimar las dosis asociadas a toda la industria nuclear, esto es, el efecto de los radionucleidos que tanto preocupan al doctor Rodríguez Farré. Los números son como siguen: efecto sobre los trabajadores del ciclo nuclear, incluyendo minería de uranio, 1,8 mSv, mientras que otros mineros (hierro, cobre, etc.) reciben 2,7 mSv (ya que el radón se ventila menos que en las minas de uranio, que cuentan con una regulación mucho más estricta); efectos residuales de las pruebas nucleares, 0,005 mSv. Efecto residual debido a Chernóbil, 0,002 mSv; emisiones debidas a las centrales nucleares, 0,0002 mSv (tres ceros y un dos: no hay error tipográfico).

Si la dosis que recibe el ciudadano medio por culpa de una central nuclear es cien mil veces

más pequeña que la que le propinan el radón y los rayos cósmicos (un millón de veces más pequeña si vive en las Rocosas), y si no somos capaces de medir los efectos de una dosis de 10 mSv, ¿no está el doctor Rodríguez Farré exagerando al preocuparse tanto por los radionucleidos emitidos por el ciclo nuclear? Y cuando Marcel Coderch cita en su libro estudios epidemiológicos que aseguran encontrar concentraciones de leucemia en niños que viven en la vecindad de centrales nucleares, ¿por qué no incluye también los datos que acabo de citar, para que el lector juzgue por sí mismo? ¿Por qué olvida citar muchos otros estudios similares que no encuentran evidencia alguna, o los estudios de Cohen, que manejan dosis mucho más altas y, por tanto, menos afectadas por errores sistemáticos? ¿Por qué no menciona los numerosos errores sistemáticos que afligen a este tipo de estudios?

En mi opinión, no tiene sentido tratar de medir un efecto (el impacto de la radiación emitida por una central nuclear sobre una población) cuando el ruido de fondo que lo enmascara es cien mil veces superior. No hace falta saber mucha estadística para entender lo improbable que es encontrar una diminuta aguja en un inmenso pajar. Sobre todo cuando la aguja no existe.

2. El segundo ejemplo de afirmación categórica, sugerente y engañosa, está extraído del artículo del ingeniero Josep Puig i Boix, que se pregunta, refiriéndose a los reactores: «¿No disponemos los humanos de tecnologías más simples, más seguras y más baratas para hervir agua y generar electricidad?». Puede que hervir agua parezca una tontería, pero lo cierto es que sólo sabemos hacerlo de tres formas. O quemando combustible de origen orgánico (madera, carbón, petróleo o gas natural, todos los cuales no son sino diversas formas de almacenar la energía solar), o utilizando la energía liberada al fisionar uranio, o concentrando directamente la luz del sol en el fluido, vía espejos parabólicos u otros dispositivos similares. Ahora bien, *la energía que proporciona un solo kilo de uranio es la equivalente a la que liberan tres mil toneladas de carbón*, así que la fisión es, sin ninguna duda, la manera más eficiente de hervir agua y además, a diferencia de los combustibles fósiles, no emite CO_2. Como tampoco lo emite una central termosolar, que necesita, eso sí, alrededor de cien kilómetros cuadrados de concentradores solares para producir la misma energía que una planta atómica a un coste, hoy por hoy, mucho más elevado.

En cuanto a seguridad, como ya se ha mencionado, la energía nuclear aventaja de largo al carbón, el petróleo o el gas natural. Para convencernos no hace falta recurrir a las estadísticas. ¿Quién no recuerda algún accidente de esos que ocurren cada año en las minas de carbón y cuestan decenas de vidas?

3. El tercer y último ejemplo de frase grandilocuente que no aporta sino confusión se debe a mi torpe pluma. Escribo en «Epicentro»: «La energía nuclear no sólo es asumible, sino, en mi

opinión, imprescindible». Pero, ¿lo es? Hay pocas cosas imprescindibles y la energía nuclear no tiene por qué ser una de ellas. Veamos un ejemplo concreto. Los académicos de Princeton Stephen Pacala y Robert Sokolow, sugieren estabilizar de aquí a 2050 las emisiones de CO2, desde la concentración actual de 380 partes por millón (ppm) hasta un máximo de 500, una hazaña modesta y quizás insuficiente, pero que, a diferencia de otras, más heroicas, sea probablemente realizable.

En la actualidad emitimos unos siete mil millones de toneladas de carbón al año o 7 GtC/año. Las predicciones para 2050 en el escenario *Business As Usual* (BAU), en el que no se hace nada, apuntan a 14 GtC/año. En este escenario de BAU, la concentración de CO2 en 2050 rozaría los 800 ppms y nos aproxima más al abismo. El plan de Pacala y Sokolow *es mantener las emisiones constantes al nivel actual de 7 GtC/año*. Para ello es necesario diseñar una batería de medidas que impidan la emisión de otras 7 GtC/año (la diferencia entre las 7 GtC/año actuales y las 14 GtC/año previstas).

Pacala y Sokolow proponen utilizar una amplia batería de medidas para dejar de emitir las 7 GtC al año que requiere su plan de estabilización. Concretamente, apuntan quince posibilidades, de las cuales bastaría con implementar siete, cada una de las cuales abarcaría 1 GtC/año de ahorro. En el análisis de los académicos de Princeton, la energía nuclear es una de las quince posibilidades. Ni la única, ni imprescindible. Estudiando cada una de las opciones (entre ellas la energía solar, la eólica, el ahorro, la eficiencia, la reducción de la flota automovilística, edificios inteligentes, menor deforestación, etc.), no es difícil concluir que es posible, con mayor o menor esfuerzo, implementar siete de ellas que no incluyan la opción nuclear.

Por otra parte, el objetivo de reducir 1 GtC/año mediante la energía nuclear requiere una flota de setecientas centrales de aquí a 2050. Compárese con la construcción solar necesaria para reducir el CO2 por la misma tajada. Dos millones de hectáreas de placas fotovoltaicas, esto es, 700 veces la capacidad actual. O con el caso eólico, un millón de generadores de 2 MW, ocupando tres millones de kilómetros cuadrados (eso sí, reutilizables), lo que supone una expansión que multiplique la de hoy por 50.

¿Adónde apunto? A que críticos como Marcel Coderch tienen razón y no la tienen. La tienen cuando dicen que la energía nuclear, por sí sola, no va a resolver los problemas energéticos del siglo y creo que no andan desencaminados cuando afirman que se exagera la importancia que pueda tener este recurso. Setecientos reactores en cuarenta años parece una cifra factible, pero haría falta, en todo caso, implementar otras seis opciones para estabilizarse a la (altísima) concentración de 500 ppm de CO2 y bastantes más a fin de alcanzar concentraciones inferiores. Por otra parte, si quisiéramos estabilizar las emisiones a

500 ppm sólo con la energía nuclear, necesitaríamos construir unos 3.500 reactores en cuarenta años, lo que supondría multiplicar por 10 el número de plantas actuales y el consumo de uranio.

No parece nada fácil (aunque sigue sin parecer más difícil que una sola tajada solar o eólica). Pero si la solución no puede basarse exclusivamente en la energía nuclear, tampoco parece evidente que vaya a venir, a corto plazo, de un cambio de estilo de vida. La solución, si la hay, será, como todo lo humano, imperfecta y a la vez asombrosa, y probablemente utilice hasta la última de nuestras balas de plata. Y si es cierto que la energía nuclear es sólo un soldado más en esta guerra, y es cierto también que sería prescindible llegado el caso, tampoco parece, desde luego, ni la opción más cara, ni la más insensata de la que disponemos.

Se cierra «Epicentro» con la contribución del prestigioso científico Rolf Tarrach, antiguo director del CSIC y hoy rector de la Universidad de Luxemburgo, a quien conocí en mis mocedades del CERN y cuya claridad de ideas no ha disminuido, por lo que se ve, en los últimos cinco lustros. Lo mejor de su artículo es el tono desapasionado y objetivo, y la capacidad de síntesis para resumir las ventajas e inconvenientes de esta Fata Morgana de las energías (en palabras del profesor canadiense Vaclav Smil, de quien ya he hablado en otra ocasión).

Ventajas: alta densidad energética, nulas emisiones directas (y escasísimas emisiones indirectas) de CO2, bajo número de fatalidades por unidad de energía producida, reservas de uranio esencialmente ilimitadas en el océano (aunque la viabilidad de la tecnología para explotar estas reservas está por demostrar) y alta capacidad de aprovechar el combustible, tanto uranio como torio si se utilizan reactores regeneradoresUn reactor regenerador se basa en el principio de que el U-238 se transmuta en Pu-239 al absorber un neutrón. El U-238 no se fisiona fácilmente y no puede usarse como combustible nuclear, pero el Pu-239 es tan físil como el U-235. Los reactores regeneradores permiten transmutar el U-238 en Pu-239 y, por tanto, consumirlo como combustible. . Apunta como inconveniente la necesidad de progreso tecnológico para que sea viable (un inconveniente que la nuclear comparte con las energías renovables). Menciona entre las desventajas, como no podía ser menos, el problema de los residuos, que considera más social que tecnológico, así como el problema (serio, pero inevitable con o sin energía nuclear civil) de la proliferación nuclear.

¿Cómo es posible que abunden científicos como Lozano, Cohen y Tarrach, convencidos de que, pese a sus dificultades, la energía nuclear puede ser parte de la solución al dilema energético y otros como Coderch, Rodríguez Farré o Puig i Boix, que defienden que no es más que un espejismo que agrava el problema en lugar de resolverlo? ¿Cómo esperar que los

políticos o el ciudadano de a pie se aclaren frente a semejante disparidad de opiniones? La única solución, me parece, es quitarle al debate toda la ideología que podamos, todos los adjetivos de que seamos capaces y tantos prejuicios como nos atrevamos. Es imprescindible que debatamos con cifras y datos, no con retórica y consignas.

Y, desde luego, hay debate para rato. Son muchos los problemas a los que se enfrenta la industria nuclear y no está claro que pueda resolverlos. Sin reactores regeneradores, que nos permitan aprovechar todo el uranio y el torio (en lugar de una pequeña fracción del primero, como hoy en día), la opción nuclear no es sostenible, ni siquiera para los más idealistas –o pardillos–, entre cuyas filas me cuento. Ni los reactores de neutrones rápidos para el ciclo uranio-plutonio ni los de sales fundidas para el torio son un invento nuevo: al contrario, ambos florecieron en la década prodigiosa que siguió al final de la Segunda Guerra Mundial. Pero en el primer caso la tecnología no ha acabado de cuajar y, en el segundo, se cometió el error de arrinconarla.

Es posible que los nuevos diseños de la Generación IV los resuciten de nuevo y esta vez de veras. Es posible que los nuevos regeneradores permitan aprovechar todo el combustible del planeta y, de paso, incinerar los radioisótopos de vida más larga como el plutonio o el americio, reduciendo la vida de los residuos radiactivos. Pero es también posible que falte dinero, *know-how* y motivación para sostener ese esfuerzo de investigación imprescindible, que debe arrojar resultados palpables en una o dos décadas más, y ya lo dice el tango, veinte años no es nada. Esperemos que el ejemplo a seguir no sea el del Gobierno de España, que, ante la crisis del ladrillo –esto es, el anunciado ajuste de cuentas al país del pelotazo, la falta de innovación y la educación deficiente–, corta el presupuesto del Ministerio de Ciencia e Innovación y reduce en un tercio el del CIEMAT, el centro español donde se realiza investigación puntera precisamente en esos diseños de cuyo futuro depende el éxito o el fracaso de la opción nuclear, además de investigación en muchos otros tipos de energías, desde las renovables hasta la de fusión.

Dice Marcel Coderch que el mayor reto al que se enfrenta nuestra especie es la construcción de un futuro sostenible. Dice Manuel Lozano Leyva que en la investigación sobre energía, como en todo lo demás, la apertura y la generosidad deben seguir siendo las señas de identidad propias de Europa. Quizá, para ese debate imprescindible, podamos partir de la base de que ambos llevan razón y sentarnos a hablar. Sin prejuicios. Sin retórica.

Autor: Michio Kaku (ed.)

Autor-2: Michio Kaku (ed.)

Autor-3: Alvin M. Weinberg

Autor-4: Marcel Coderch

Autor-5: Manuel Lozano Leyva

Edicion: Massachusetts Institute of Technology, Harvard

Edicion-2: Norton, Nueva York

Edicion-3: American Institute of Physics, Nueva York

Edicion-4: Los Libros del Lince, Barcelona

Edicion-5: Debate, Madrid

Paginas: http://web.mit.edu/nuclearpower/

Paginas-4: 232 p.

Paginas-5: 312 pp.

Precio-4: 21 €

Precio-5: 19,90 €

Titulo: THE FUTURE OF NUCLEAR ENERGY: AN INTERDISCIPLINARY MIT STUDY

Titulo-2: NUCLEAR POWER: BOTH SIDES

Titulo-3: THE FIRST NUCLEAR ERA: THE LIFE AND TIMES OF A TECHNOLOGICAL FIXER

Titulo-4: EL ESPEJISMO NUCLEAR: POR QUÉ LA ENERGÍA NUCLEAR NO ES LA SOLUCIÓN, SINO PARTE DEL PROBLEMA

Titulo-5: NUCLEARES, ¿POR QUÉ NO? CÓMO AFRONTAR EL FUTURO DE LA ENERGÍA