

## PRÓLOGO

por Hubert Védrine, exministro de Exteriores francés

En este ensayo contundente y preocupante, Guillaume Pitron lanza un grito de alarma y expone un serio dilema.

El grito de alarma es geopolítico: el mundo tiene cada vez más necesidad de tierras raras, de «metales raros», para su desarrollo digital y, por tanto, para todas las tecnologías de la información y la comunicación, entre ellas la fabricación de móviles. A título de ejemplo, los coches eléctricos e híbridos requieren el doble de estos elementos químicos que los de gasolina.

Estos metales raros (una treintena), que llevan nombres no bárbaros, sino latinos, como el prometio, son elementos asociados en proporción ínfima con los metales abundantes. Cuesta mucho extraerlos y purificarlos. Primer problema: China posee la mayor parte de estos recursos, de lo que naturalmente se siente tentada de abusar. Los demás países que los poseen en su subsuelo han abandonado o desatendido la explotación por diversos motivos, lo cual ha dejado a China, en diversos casos, en situación de monopolio, y ha convertido a Pekín en «el nuevo amo de los metales raros». En apoyo de su tesis, y con el fin de subrayar el peligro de esta dependencia, Guil-

laume Pitron cita varios casos de incoherencias o de insensatez flagrante por parte de los occidentales, como el caso de los superimanes o el perfeccionamiento de la tecnología de los misiles de largo alcance. La respuesta parece evidente: relanzar por doquier la producción de estos metales raros, ya sea en Estados Unidos, Brasil, Rusia, Sudáfrica, Tailandia, Turquía o incluso Francia («un gigante minero dormido»).

Ahora bien, ahí es donde se complica el asunto y surge el dilema: ¡la explotación de estos raros minerales metalíferos es todo menos limpia! «Las energías y recursos verdes encierran una parte oscura», subraya el autor. La extracción y refinado de estos metales raros exige, en efecto, procedimientos muy contaminantes. Su reciclado ha resultado decepcionante. Y, paradójicamente, el mundo de las tecnologías más avanzadas, que pretenden ser las más verdes, «ecologizadas» (algo de vital importancia para detener la cuenta atrás ecológica), sería en gran parte tributario de metales... «sucios». Así, el sector de las tecnologías de la información y la comunicación ¡produce un 50 % más de gases de efecto invernadero que el transporte aéreo! ¡Un círculo vicioso!

Entonces, ¿qué se puede hacer para superar esta contradicción?

Sin duda, hay que relanzar la explotación de las tierras raras y, sobre todo, de los recursos mineros (lo cual supone un pulso entre los gobiernos y los grupos mineros), pero es preciso hacerlo de manera ecológica, dotándose de medios económicos y tecnológicos, es decir, de financiación e innovaciones. Según el autor, una parte creciente de los consumidores mundiales estaría dispuesta a pagar ese precio..

Llegado a este punto de su demostración, Guillaume Pitron desea concluir, pese a todo, con una nota alentadora, para lo cual cita ejemplos de «sobresaltos de conciencia en la industria de los metales raros».



En el contexto de la transición ecológica de todas las actividades económicas humanas indispensables para proteger no solo el «planeta», sino también la vida en el planeta, habrá cientos de casos como este, dilemas que resolver, decisiones difíciles de tomar, futuros éxitos científicos, opiniones capaces de tranquilizar o convencer, para finalmente acelerar el ritmo de la ecologización. Una carrera de velocidad...

Al centrar su atención, y la nuestra, en una cuestión esencial que no se toma en serio lo suficiente, el ensayo de Guillaume Pitron nos alerta en el momento oportuno.

HUBERT VÉDRINE *Noviembre de 2017*

## INTRODUCCIÓN

Durante cuatrocientos mil años, la humanidad solo dispuso del fuego, de la impetuosidad de los vientos y torrentes, de su ahínco en el trabajo, junto con el de sus caballerías, para viajar, construir fortalezas y labrar los campos. En ese mundo de rara y preciada energía, los gestos eran lentos; el crecimiento económico, a menudo letárgico; todo progreso, forzosamente singular. Con frecuencia, la historia ha avanzado a paso de tortuga.

Y entonces, en el siglo XIX, los humanos desplegaron a gran escala un nuevo invento: la máquina de vapor. La utilizaron para estimular sus telares mecánicos, propulsar las locomotoras y poner a flote acorazados que no tardarían en convertirse en los reyes del mar. La máquina de vapor desencadenó la primera revolución industrial, que supuso también la primera transición energética de la historia. Esta transición se basaba en la explotación de un combustible indispensable: una piedra negra llamada carbón.

Ya en el siglo XX, los humanos abandonaron la máquina de vapor por otra innovación: el motor de combustión interna (también llamado motor de gasolina). Esta tecnología permitió aumentar la potencia de todo tipo de vehículos, automóviles, barcos y tanques, así como la de unos nuevos aparatos, los aviones, lo bastante potentes para despegar del suelo. La segun-

da revolución industrial, a la que dicha tecnología contribuyó, fue asimismo una transición energética, esta vez basada en la extracción de otro recurso: un aceite de roca llamado petróleo.

Desde principios del siglo XXI, los humanos, preocupados por el cambio climático generado por las energías fósiles, han desarrollado nuevos inventos, considerados más eficaces y limpios, los cuales se relacionan con redes de alta tensión y ultracientes: los aerogeneradores, los paneles solares, las baterías eléctricas. Tras la máquina de vapor, tras el motor térmico, estas tecnologías «verdes» embarcan a la humanidad en una tercera revolución energética, industrial, que está formando nuestro mundo. Al igual que las dos precedentes, se basa en un recurso primordial. Una materia tan vital que los especialistas en energética, los tecnoprofetos, los jefes de Estado e incluso los estrategas militares la llaman ya «*the next oil*», el petróleo del siglo XXI.

¿De qué recurso se trata?

El gran público no tiene ni idea.

Cambiar la forma de producir energía (y, por consiguiente, los hábitos de consumo) constituye la nueva gran aventura de la humanidad. Los responsables políticos, los empresarios de Silicon Valley, los teóricos de la sobriedad feliz,<sup>1</sup> el papa Francisco y las asociaciones ecologistas se muestran unánimes a la hora de llamar al cumplimiento de este objetivo y al control del calentamiento global, a fin de que logremos salvarnos de un nuevo diluvio. Se trata de un proyecto que une al mundo como jamás los imperios, las religiones o las monedas lo habían conseguido hasta el momento.<sup>2</sup> La prueba es que el «primer acuerdo universal de nuestra historia»,<sup>3</sup> en palabras de François Hollande, expresidente de la República Francesa, no consistió en un tratado de paz, de comercio o relativo a la regulación financiera: fue el Acuerdo de París, firmado en 2015 a raíz de la COP 21;<sup>4</sup> es decir..., ¡un tratado sobre la energía!



No obstante, si bien las tecnologías que utilizamos en nuestra vida cotidiana pueden evolucionar, la necesidad básica de recursos energéticos permanece. Por tanto, a la pregunta de qué recurso debe sustituir al petróleo y el carbón, con el fin de acceder a un nuevo mundo más verde, nadie sabe realmente qué contestar. Nuestros antepasados del siglo XIX conocían la importancia del carbón, y las personas de bien del siglo XX tampoco ignoraban nada acerca de la necesidad del petróleo. En el siglo XXI, en cambio, ni siquiera sabemos que un mundo más sostenible depende en gran medida de unas sustancias raras denominadas metales raros.

Durante mucho tiempo, los humanos explotaron los principales metales que todos conocemos: el hierro, el oro, la plata, el cobre, el plomo, el aluminio... Ahora bien, a partir de la década de 1970 empezaron a sacar partido de las fabulosas propiedades magnéticas, catalíticas y ópticas de multitud de pequeños metales raros contenidos en las rocas terrestres en proporciones mucho menores. Esta gran hermandad agrupa a primos que han recibido nombres con enigmáticas sonoridades: tierras raras, vanadio, germanio, platinoideos, wolframio (o tungsteno), antimonio, berilio, renio, tántalo, niobio... Estos metales raros forman un subconjunto coherente de una treintena de materias primas cuyo denominador común es que a menudo se hallan asociadas en la naturaleza con los metales más abundantes.

Como todo aquello que se extrae de la naturaleza en dosis ínfimas, los metales raros son concentrados que poseen propiedades fantásticas. Destilar un aceite esencial de azahar supone un proceso largo y costoso,<sup>5</sup> pero el aroma y los poderes terapéuticos de una sola gota de este elixir siguen sorprendiendo a los investigadores. Producir cocaína en lo más recóndito de la selva colombiana tampoco es tarea fácil,<sup>6</sup> pero los efectos psicotrópicos de un gramo de ese polvo alteran por completo el sistema nervioso central.

Ahora bien, lo mismo sucede con los metales raros, muy raros... Es necesario purificar ocho toneladas y media de roca para producir un kilo de vanadio, dieciséis toneladas para un kilo de cerio, cincuenta toneladas para el equivalente en galio, y la asombrosa cifra de doscientas toneladas para un mísero kilo de un metal todavía más raro, el lutecio.<sup>7</sup> El resultado viene a ser, en cierto modo, el «principio activo» de la corteza terrestre: un concentrado de átomos de propiedades inauditas, lo mejor que nos pueden ofrecer miles de millones de años de actividad geológica. Una vez industrializada, una ínfima dosis de estos metales emite un campo magnético que permitirá producir más energía que la misma cantidad de carbón o petróleo. He ahí la clave del «capitalismo verde»: sustituir los recursos que emiten miles de millones de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por otros que no arden y, por tanto, no generan ni un gramo de ese gas.

Menos contaminación y, al mismo tiempo, mucha más energía. En consecuencia, no es casual que uno de esos elementos químicos fuera bautizado «prometio» por su descubridor, el químico Charles D. Coryell, en 1944,<sup>8</sup> de hecho, fue Grace Marie, su esposa, quien sugirió esa denominación a su marido, tras inspirarse en el mito griego del titán Prometeo. Con la ayuda de la diosa Atenea, este se había introducido en secreto en el dominio de los dioses, el Olimpo, con objeto de robar el fuego sagrado... y ofrecérselo a los humanos.

Lo cierto es que el nombre dice mucho sobre el poder prometeico que los humanos adquirieron al dominar los metales raros. Cual demiurgos, hemos multiplicado los usos en dos ámbitos que constituyen pilares esenciales de la transición energética: las tecnologías que hemos bautizado como «verdes» (*green tech*) y la digital. En efecto, tal como nos explican en la actualidad, de la confluencia de las *green tech* y la informática nacerá un mundo mejor. Las primeras (aerogeneradores,

Antimon

Baritina

Berilio

Bismuto

Borato

Carbón

Cobalt

Fluorit

Galio

Germi

Grafit

Indio

Magn

Niobi

Silici

Tánt

Vana

Wolf

Met  
dio,Tier  
(véaFue  
Len



INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES USOS INDUSTRIALES DE LOS METALES RAROS

Recurso	Usos
Antimonio	Retardante de fuego (aditivo para plásticos), catálisis del polietileno
Baritina	Lodos bentónicos petrolíferos y gasíferos, industria del vidrio, radioprotección, salud, metalurgia, pirotecnia
Berilio	Telecomunicaciones y electrónica, industria aeroespacial, nuclear civil y militar
Bismuto	Generadores termoeléctricos (automóvil), superconductores de alta temperatura, soldadura sin plomo
Borato	Vidrios y cerámicas
Carbón de coque	Siderurgia
Cobalto	Móviles, ordenadores, vehículos híbridos, imanes
Fluorita	Ácido fluorhídrico, metalurgia del acero y el aluminio, cerámicas, ópticas
Galio	Semiconductores, iluminaciones por diodos fotoluminiscentes
Germanio	Fotovoltaico, fibras ópticas, catálisis, óptica infrarroja
Grafito natural	Vehículos eléctricos, aeroespacial, industria nuclear
Indio	Chips electrónicos, pantallas LCD
Magnesio	Aleaciones de aluminio
Niobio	Satélites, vehículos eléctricos, industria nuclear, joyería
Silicio metal	Circuitos integrados, paneles fotovoltaicos, aislantes eléctricos
Tántalo	Condensadores miniaturizados, superaleaciones
Vanadio	Aceros especiales, industria espacial, catálisis
Wolframio	Herramientas de corte, blindaje, electricidad, electrónica
Metales platinoideos (rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino)	Catalizadores, bisutería
Tierras raras (véase la siguiente tabla, pág. 28)	Imanes permanentes, coche eléctrico, aerogeneradores, trenes de alta velocidad, escáneres médicos, láseres, transmisión de datos mediante fibra óptica, luminóforos de pantallas, protección de billetes de banco, catálisis

Fuentes: OPECST, BRGM, Connaissance des Énergies, Futura-Sciences, Niobec, Lenntech.