



# Tesoros en la arena

La arena de algunas playas contiene numerosos compuestos minerales y elementos químicos, cuya extracción es más sencilla de lo que pueda parecer

Llega el verano. Sentados en la playa, mientras disfrutamos de los contenidos de esta revista, podemos no reparar en que la cálida arena en donde reposamos, además de ser muy confortable, esconde un tesoro químico. Observémosla con atención: si es oscura y contiene partículas negras, vale la pena que acometamos una pequeña investigación científica.

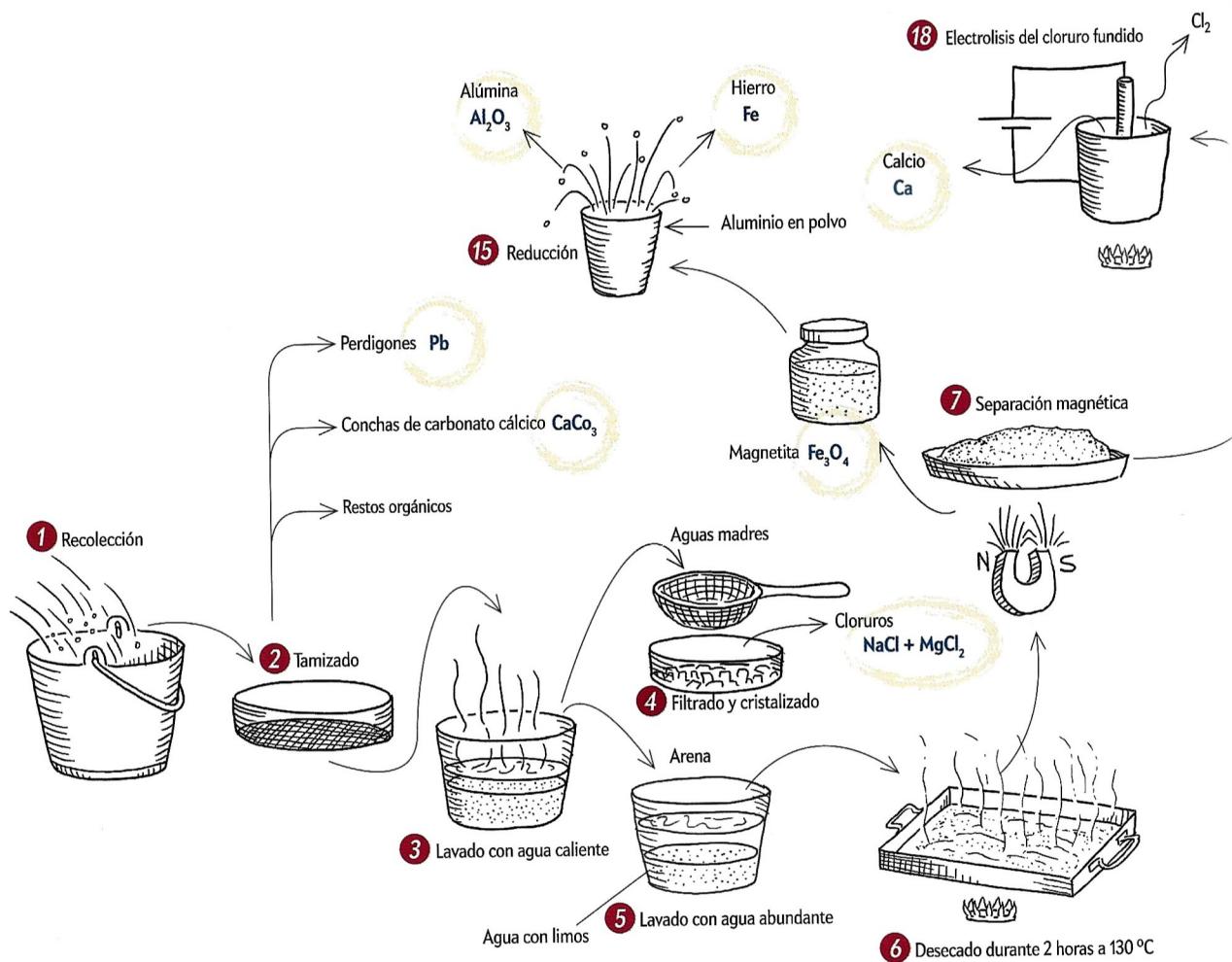
La arena de la playa ofrece una muestra de la petrología de la región. En distintos

lugares del litoral ibérico hallamos, pues, auténticos placeres metalíferos. Para detectarlos, basta pasar un imán sobre la superficie: de adherirse un buen número de granitos, seguramente habremos hallado magnetita y, por tanto, sabremos que en esa zona debe de haber una acumulación de otros minerales pesados que siempre la acompañan.

Para cazar ese tipo de tesoros, buscamos playas próximas a grandes macizos

de rocas ígneas o metamórficas, antiguas, surcadas por filones de pedernal o entreveradas con diques de pegmatita. En suma, terrenos en donde pueden esconderse criaderos minerales.

Yo he identificado zonas óptimas al sur de la entrega al mar de los Pirineos; en el litoral mediterráneo, también cerca del río Darro; en la provincia de Gerona, y en la desembocadura del Ebro. La bibliografía señala también otros puntos de



la costa peninsular como la andaluza, la galaica o la cántabra. Asimismo, lo que sigue es también aplicable a los sedimentos fluviales —para los lectores que veranean en el interior.

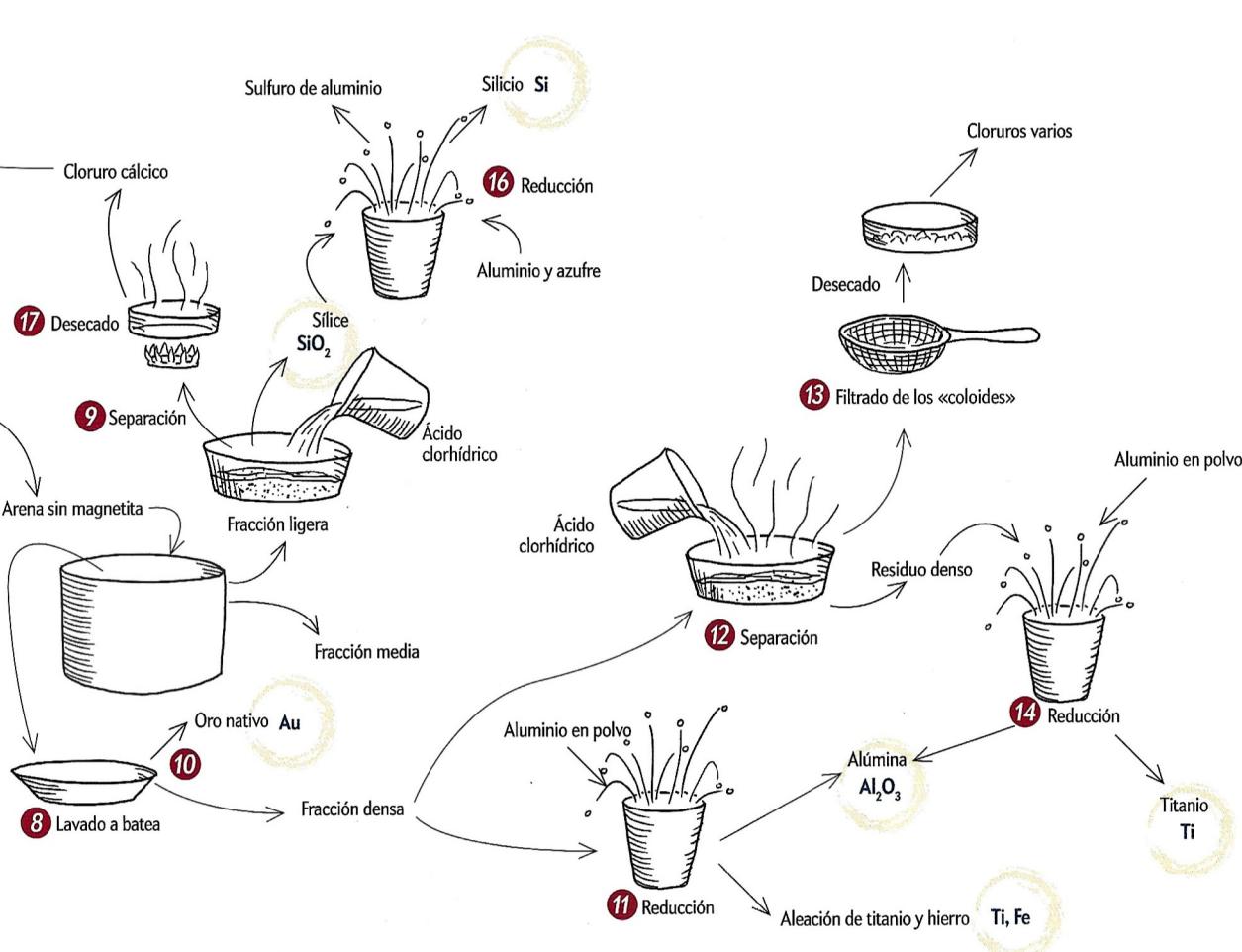
Tras localizar una playa adecuada, ① tomaremos una pequeña muestra de arena de algún punto donde el imán señale una concentración notable de granos magnéticos. Bastarán un par de litros (unos 5 kilogramos). Una vez en casa, remedaremos a pequeña escala los procesos fisicoquímicos que utiliza la industria para obtener los elementos y compuestos que la integran. Por tanto, deberemos tomar precauciones extremas de seguridad: trabajaremos en un lugar ventilado, exento de materias combustibles, y utilizaremos siempre guantes, gafas, pantalla facial y mascarilla con filtros de carbono. Pensemos que la química es el arte de la limpieza (todo el material debe relucir), la rigurosidad (todo debe ser pesado, medido y anotado con precisión) y la perseverancia.

Volviendo a nuestro laboratorio, ② empezaremos por un primer tamizado de la arena. Mediante un colador de cocina o un cedazo, extraeremos los vegetales y las algas —que podemos eliminar—, y conchas, que reservaremos para más adelante y que constituyen nuestro primer compuesto casi puro, el **carbonato cálcico** ( $\text{CaCO}_3$ ), en este caso de origen biológico. Es interesante comprobar que ya en esta fase del proceso de separación aparecen partículas grises muy densas, que, batidas sobre el yunque, se descubren como perdigones de **plomo** ( $\text{Pb}$ ): he aquí nuestro primer elemento puro, de fuente antropogénica. Una vez tamizada la arena, ③ la lavaremos con una cantidad mínima de agua muy caliente, que ④ filtraremos con un lienzo y evaporaremos al sol hasta su total sequedad. Los bonitos cristalitos cúbicos que obtendremos corresponden a una mezcla de dos nuevos compuestos: el **cloruro de sodio** ( $\text{NaCl}$ ) y el **cloruro de magnesio** ( $\text{MgCl}_2$ ), muy higroscópico y responsables último de que la mezcla se ha-

lle siempre algo húmeda. Para comprobar su composición, esparciremos una pizca de polvo de esos cristales sobre una llama, que en el acto se coloreará de amarillo, la firma espectroscópica del sodio.

Recogidas las aguas madres, ⑤ lavaremos de nuevo la arena con agua abundante y ⑥ la desecaremos bien en el horno a unos 130 grados durante un par de horas. Una vez fría, procederemos más fácilmente a la separación ⑦ de la fracción magnética.

La técnica es simple. Situamos un buen imán bajo una bandeja grande y lo sujetamos con los dedos. Introducimos luego un puñado de arena. Agitamos el conjunto para inmovilizar las partículas magnéticas y decantamos el resto. Si repetimos este paso varias veces, la separación será excelente: tendremos unos centenares de gramos de una arena muy pesada (la densidad aparente llega a 3 gramos por centímetro cúbico, o  $\text{g/cm}^3$ ), bien negra, perfecta para obtener espectros magnéticos. Se trata, además, de un nuevo compuesto



## Técnicas y procesos

para añadir a nuestra lista, la **magnetita** u **óxido feroso férrico** ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), una excelente mena industrial para la obtención del hierro, cosa que nosotros haremos más adelante.

Prescindiremos por ahora de ese metal para buscar uno de mucha más enjundia. Ha llegado la hora de practicar ⑧ un lavado «a batea», es decir, la selección gravimétrica que se consigue con el artefacto del mismo nombre. En ausencia de una auténtica batea podemos utilizar cualquier recipiente llano, de sección troncocónica y base circular; una jofaina o un *wok* pueden rendir buenos resultados.

Llenaremos con agua un gran barreño, que hará la función de un río aurífero, y buscaremos un taburete bien cómodo, ya que habremos de pasarnos algunas horas enfrascados en un trabajo emocionante pero monótono. El propósito será acumular en el fondo del plato las partículas de mayor peso, mediante movimientos circulares, pequeñas vibraciones y minúsculos vórtices. Pondremos en la batea un puñado de arena y agua suficiente para que las partículas individuales adquieran gran movilidad; al poco de contonear el plato, comprobaremos cómo grandes cantidades de partículas oscuras y muy densas se agrupan, sobrenadando encima las más ligeras. Con una pequeña ola, dejaremos caer estas en el fondo del barreño; periódicamente, ayudados por una cuchara o similar, retiraremos las más pesadas, que acumularemos en otro recipiente. Yo utilizo solo las partes del sedimento con un contenido más uniforme, las «fracciones de cabeza».

Después repetiremos el lavado con el sedimento ligero del que, al contrario que antes, extraeremos solo la parte más liviana. Obtendremos así tres fracciones: una de arenas oscuras con una densidad aparente de  $2,7 \text{ g/cm}^3$ ; otra de tintas bien claras con una densidad muy inferior, de unos  $1,6 \text{ g/cm}^3$ ; y, por fin, la parte más importante pero menos útil, la fracción media poco seleccionada que usaremos como baño de arena para calentar o desecar los distintos productos que procesaremos.

La fracción ligera consta en su mayor parte de cuarzo y carbonato cálcico. Para ⑨ eliminar este último, trataremos unos 200 gramos de la mezcla con ácido clorhídrico comercial —uno de los pocos ácidos que aún pueden comprarse sin dificultad—, que aportaremos en abundancia hasta que cese toda efervescencia. Obtenremos entonces dos nuevos compuestos: por un lado, unos 150 gramos de **sílice**

( $\text{SiO}_2$ ) bastante pura; por otro, una solución de cloruro cálcico ( $\text{CaCl}_2$ ) en ácido clorhídrico, cifras que fluctuarán en función de la procedencia del material.

Volvamos a la fracción densa. Si la lavamos otra vez con la batea, aparecerán de nuevo partículas voluminosas y grises: son los fragmentos de perdigones abandonados por algún cazador que ya hemos visto antes y que podemos reunir ahora para fundir en un único botón. Pero aquí no acaba todo. Si ⑩ observamos con mayor atención, descubriremos unas diminutas partículas doradas, tan pesadas que restan inmóviles incluso cuando agitamos con energía el plato y provocamos pequeñas olas. Hemos hallado un nuevo elemento puro: **oro** ( $\text{Au}$ ). Con un pequeño pincel y un poco de paciencia podremos recoger las pepitas microscópicas y guardarlas en un bote con agua.

Extraídos el plomo y el oro, buscaremos más elementos. ¿De qué debe estar hecho el sedimento pesado que hemos separado? En ciertos lugares hay arenas

ricas en elementos raros, como el cerio y sus semejantes. Son las arenas monacíticas, que se explotan de forma intensiva en varios puntos del planeta. En España, en la costa atlántica.

Abundan también otros minerales pesados, en ocasiones notablemente radiactivos. Vale la pena por ello medir la actividad de cada una de las fracciones: comprobaremos que la densa es más activa que la ligera y la magnética. Ello señala la presencia de elementos raros, pero lo normal son los compuestos de estaño, cromo o, como en el caso que he podido explorar, de hierro y titanio.

Para verificar el contenido metalífero procedemos ⑪ a una rápida reducción. Tomemos unos 45 gramos de sedimento denso, perfectamente seleccionado y con un mínimo de cuarzo. Lo secamos bien. Una vez frío, añadiremos una tercera parte (15 gramos) de aluminio en polvo bien fino, que habremos obtenido mediante el cribado del sedimento que abandona la lijadora tras un buen rato de erosionar una

**La reducción por oxidación** nos permite ahondar en el contenido metálico de la arena. Este crisol de grafito protegido por un tubo de cuarzo contiene una parte de la fracción del sedimento denso mezclada con aluminio en polvo. Al calentar la base con un soldador y añadir un poco de polvo de magnesio, la mezcla se inflama alcanzando temperaturas superiores a los  $2000^\circ\text{C}$ . Una vez frío, podremos romper el crisol: hallaremos un régulo con un elevado contenido en titanio (página opuesta).



MOIRA COSTA

barra de aluminio puro y que habremos recolectado con el aspirador.

Mezclaremos los dos productos (sedimento y aluminio) en un bote de plástico. Agitaremos hasta que quede bien homogéneo. Lo pondremos luego en un crisol refractario, levemente hundido en la cima de un pequeño montón de arena. Con un soldador de gas lo calentaremos por la base con precaución y manteniendo una distancia prudente durante algunos minutos. A continuación, sin dejar de extremar las precauciones, dejaremos caer un poco de clorato potásico en la superficie de la mezcla y aplicaremos el soldador. Al instante, surgirá una potentísima luz, aderezada por una pertinaz lluvia de corpúsculos incandescentes, llegando el crisol al rojo blanco. Una vez frío, lo romperemos hasta localizar un régulo metálico recubierto de escoria, que corresponde a **alúmina u óxido de aluminio** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), un compuesto tan duro que raya el vidrio. El precioso botón, adornado por bellísimos colores de recocido y que tantos esfuerzos nos ha exigido, suele pesar solo una tercera parte de lo que pesaba la arena utilizada. Rompiéndolo sobre el yunque podremos estimar su tenacidad y observar su estructura cristalina.

Es curioso observar que de la fracción de arena densa no magnética se consigue una muestra metálica que se pega al imán con gran fuerza. El análisis que amablemente realizó Nuria Salan, de la Universidad Politécnica de Cataluña, demostró que se trataba de una aleación de **titanio** (Ti) y  **hierro** (Fe), dos nuevos elementos que podemos añadir a la lista de componentes de la arena, aunque, eso sí, en forma de aleación y con muchísimas impurezas. Obsérvese que esos metales deben salir de un mineral que contenga ambos; vistos los datos, todo hace pensar que buena parte de ese sedimento denso corresponde a ilmenita, un óxido de hierro y titanio que no habíamos recogido con el imán porque a veces no es magnético.

Para ⑫ separar ambos metales antes de la reducción con aluminio procedí a atacar la fracción densa con abundante ácido clorhídrico —ojo con los vapores muy ricos en cloro—. Conseguí así una disolución de los cloruros, que luego sometí a electrólisis, sin obtener depósito alguno.

El ataque con clorhídrico había causado la formación de un cuerpo gelatinoso, que decidí investigar. ⑬ Lo separé mediante un filtro de lienzo fino: era una mezcla de cloruros de calcio, aluminio y magnesio.



Aparecieron también partículas ligeras que, vistas al microscopio, mostraban una curiosa textura. Apartadas estas, quedaba todavía un resto oscuro que, ⑭ reducido una vez más con aluminio, se convirtió en un glóbulo menos magnético, con una composición quizás más rica en titanio —lo que todavía no he verificado.

Para cerrar el círculo, podemos ⑮ separar el hierro contenido en la magnetita mediante el mismo proceso de reducción que hemos aplicado a la fracción densa ⑪. O, más difícil, ⑯ extraer el silicio contenido en la arena que habíamos atacado con ácido. En este caso, utilizaremos una mezcla compuesta por nueve partes de arena silícea (que habremos pulverizado con un mortero metálico), diez de aluminio en polvo y doce de azufre. Tras mezclar bien los componentes, los colocaremos comprimidos en un crisol, que calentaremos hasta unos 100 grados centígrados (temperatura próxima a la de fusión del azufre); tras poner encima viruta de magnesio, clorato o permanganato de potasio, procederemos a la ignición.

Transcurrida la reducción, con el crisol ya frío, pulverizaremos el residuo con agua, lo que ocasionará un abundante desprendimiento de sulfuro de aluminio. Una vez hidrolizado el sedimento, lo atacaremos de nuevo con ácido clorhídrico, esta vez caliente, consiguiendo al fin unos pequeños régulos de **silicio** elemental (Si), impuro. Un nuevo elemento para la colección.

Si disponemos de un buen crisol de grafito, conductor eléctrico y que pueda calentarse con el soldador, podemos separar calcio metálico, un elemento que muy pocos han visto. Para ello retomare-

mos la solución de ácido clorhídrico con que habíamos atacado la arena silícea. Añadiremos las conchas machacadas que habíamos reservado al principio, hasta cesar toda efervescencia. ⑰ Evaporaremos a fuego lento hasta obtener una masa informe de cloruro de calcio, que, puesta en el crisol de grafito en donde habremos introducido un electrodo, también de grafito, calentaremos con el soplete, lentamente hasta la fusión. Para rebajar el punto de fusión, podemos añadir una pequeña cantidad (un 5 por ciento) del cloruro de sodio con una pizca del magnesio que habíamos obtenido al principio. ⑱ Mediante la aplicación de una fuente de alimentación (o batería) que pueda proporcionar algunos amperios, obtendremos por electrólisis un depósito de **calcio** metálico (Ca), que puede rasparse periódicamente del electrodo y que guardaremos sumergido en aceite mineral, ya que de otra forma regresará velozmente a algún estado de combinación.

Podemos también verificar la naturaleza de ese depósito tomando un pequeño fragmento acabado de obtener y poniéndolo en la llama del soldador. Al arder, emitirá las poderosas líneas rojas características del calcio, llamas de gran belleza que aderezan esta apasionante búsqueda de elementos escondidos.

De la arena sobre la que nos hallábamos disfrutando del verano habremos extraído, no sin ciertas penurias, riesgos y esfuerzos, elementos como silicio, calcio, hierro, plomo, oro y titanio, junto con compuestos bien variados, óxidos, sales y carbonatos, y siempre con la ayuda inestimable de grandes aliados como el aluminio, el cloro o el azufre.