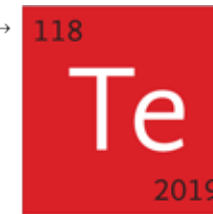


ARTISTAS →



↑
AÑO INTERNACIONAL
DE LA TABLA PERIÓDICA
DE LOS ELEMENTOS
QUÍMICOS

LA TABLA DE LOS ELEMENTOS

LA CABRA EDICIONES

María Luisa Passarge
Directora
Rogelio Cuéllar
Director de arte
Raduy Fedorenko
Relaciones comerciales

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

1ª edición | 2019

© La Cabra Ediciones, S.A. de C.V.
CalleLas Flores 34 casa 17, Pueblo de los Reyes
Coyoacán, 04330, Ciudad de México
www.lacabraediciones.com.mx

© De los textos | sus autores
© De los retratos | Rogelio Cuéllar
© De las fotografías de obra | Arturo Buitrón

isbn xxxxxxxx

Este libro se publica de forma simultánea a la exposición del mismo nom-
bre que se lleva a cabo en Universum Museo de las Ciencias de la UNAM,
del 18 de septiembre al 21 de noviembre e 2019.

Todos los derechos reservados. Esta edición es propiedad de La Cabra Edi-
ciones, S.A. de C.V. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta
obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidas la reprografía y
el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación, sin la previa autori-
zación por escrito de La Cabra Ediciones.

Hecho e impreso en México.



Dmitri Ivanovich Mendeléyev

Tobolsk (actual Rusia), 1934 | San Petersburgo, 1907

2019 fue declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos (IYPT 2019). Las celebraciones marcan ciento cincuenta años desde que esta carta icónica fuera ideada por el químico ruso Dmitri Mendeléyev en 1869. El desarrollo de la tabla periódica de los elementos es considerado uno de los logros más significativos de la ciencia, que vincula estrechamente diferentes campos de conocimiento como la astronomía, la química, la física, la biología y otras ciencias naturales. Se trata de una herramienta única que permite a los científicos estudiar la apariencia y las propiedades de la materia en la Tierra y en el Universo. Muchos elementos químicos son cruciales para la fabricación y el desarrollo a escala industrial de numerosos productos presentes en la vida cotidiana y necesarios para preservar el planeta. Los cuatro elementos más recientes (115-118) se agregaron a la tabla periódica, con la aprobación de sus nombres y símbolos, el 28 de noviembre de 2016.

Mendeléyev creó la tabla periódica en un intento didáctico por explicar los elementos a sus estudiantes de Química. Elaboró 63 cartas —una para cada elemento conocido— y anotó en ellas el peso atómico y algunas características químicas de cada sustancia. Después agrupó las cartulinas y comprobó que, si ordenaba los elementos según los pesos atómicos de manera creciente, presentaban características químicas muy próximas a intervalos regulares. Dispuso las cartas configurando una tabla, en la que dejó intencionadamente casillas vacías, pues postuló con acierto la hipótesis de que éstas pertenecían a elementos en ese momento todavía desconocidos, pero de los que podían deducirse sus propiedades.

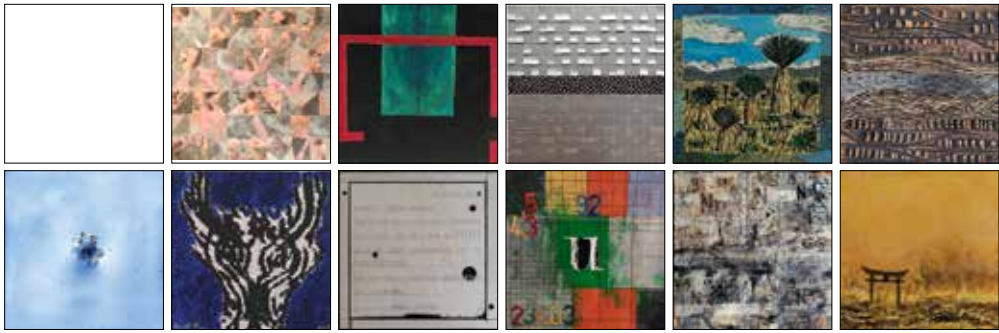
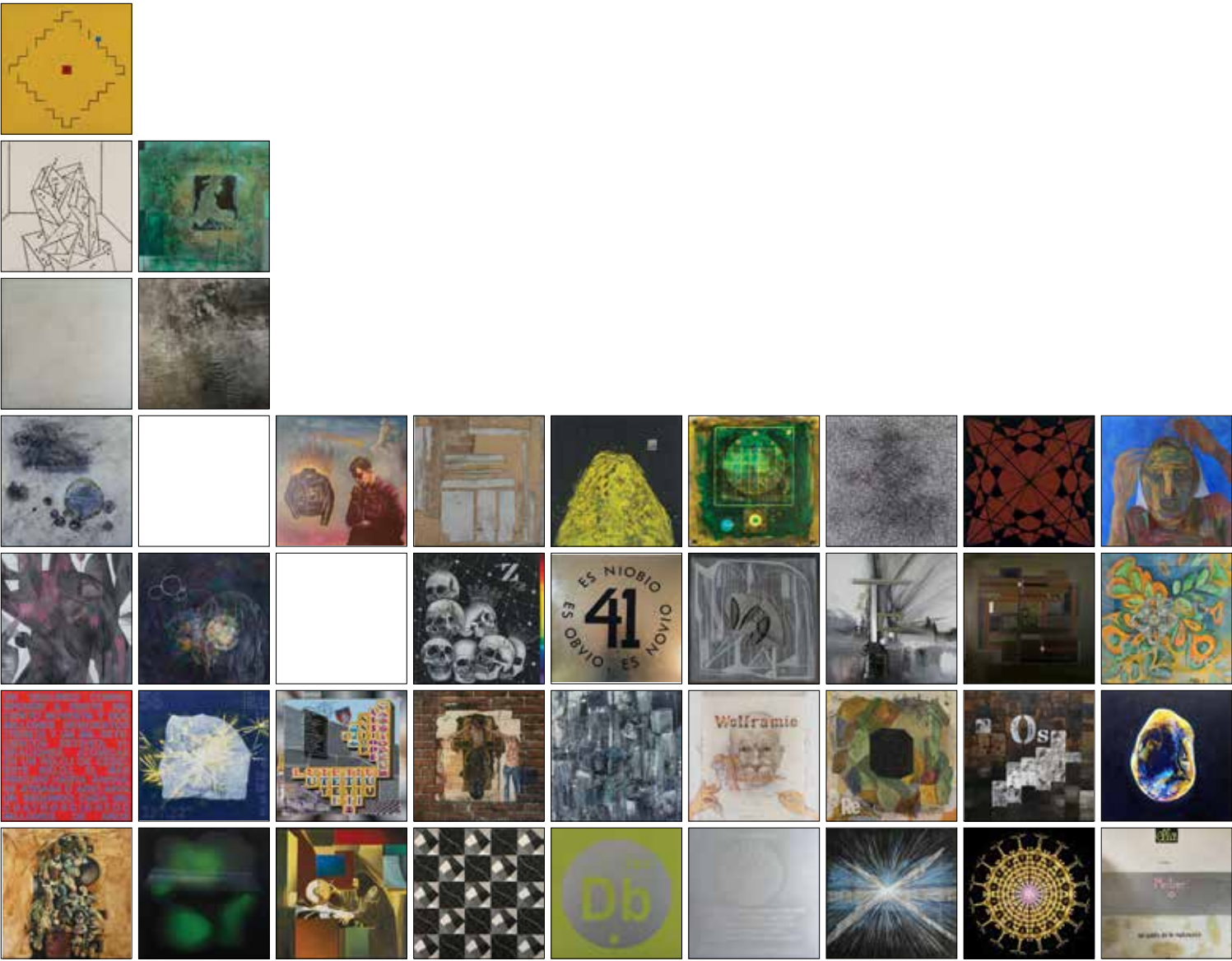


GUILLERMO CENICEROS

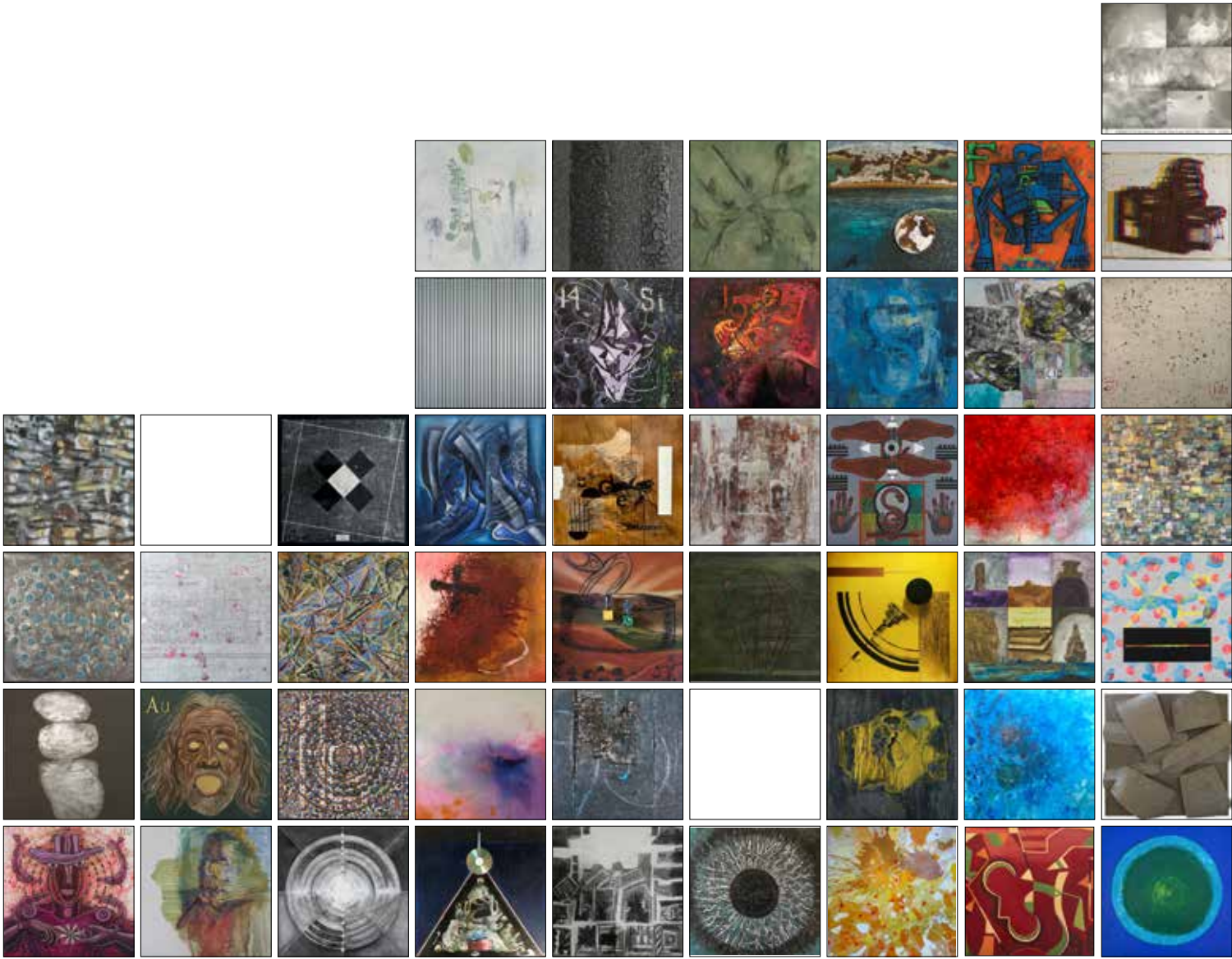


Guillermo Ceniceros **Dmitri Ivanovich Mendeléyev**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

La tabla de los elementos



Dmitri Mendeléeev
TOBOLSK (ACTUAL RUSIA), 1834-SAN PETERSBURGO, 1907



1 HIDRÓGENO José Franco Adrián Regnier									2 HELIO Vicente Rojo Cama
3 LITIO Javier Bassi	4 BERILIO Knut Pani								
11 SODIO Jordi Boldó	12 MAGNESIO Lorena Camarena								
19 POTASIO Nunik Sauret	20 CALCIO Alberto Darzson	21 ESCANDIO Carlos Jaurena	22 TITANIO Paloma Torres	23 VANADIO Octavio Moctezuma	24 CROMO Javier Hinojosa	25 MANGANESO Gabriela Gutiérrez	26 HIERRO Gustavo Pérez	27 COBALTO Roberto Parodi	
37 RUBIDIO María José Romero	38 ESTRONCIO Flor Minor	39 YTRIO Lulú Ladrón deGuevara	40 CIRCONIO Gabriela Sodi	41 NIOBIO Ricardo Regazzoni	42 MOLIBDENO Gabriel Macotela	43 TECNECIO Alejandro Escuer	44 RUTENIO Gilda Castillo	45 RODIO Rowena Morales	
55 CESIO Emilio Chapela	56 BARIO José Castro Leñero	71 LUTECIO Pedro Friedeberg	72 HAFNIO Rafael Cauduro	73 TANTALIO Mario Núñez	74 WOLFRAMIO Per Anderson	75 RENIO Ernesto Zeivy	76 OSMIO Héctor de Anda	77 IRIDIO Claudia Gallegos	
87 FRANCIO Carlos Marín	88 RADIO Pilar Goutas	103 LAURENCIO Saúl Serrano	104 RUTHER-FORDIO Armando Contreras	105 DUBNIO Pablo Amor	106 SEABORGIO César Martínez	107 BOHRIO Gabriela Aguirre	108 HAFNIO Juan San Juan	109 MEITNERIO Esmeralda Torres	

57 LANTANO Guillermo Olguín	58 CERIO Rosa Velasco	59 PRASEODIMIO Carlos Pellicer López	60 NEODIMIO Rivelino	61 PROMETIO Luis Argudín	62 SAMARIO Adán Paredes
89 ACTINIO Édgar Ladrón de Guevara	90 TORIO Emiliano Gironella	91 PROTACTINIO Boris Viskin	92 URANIO José González Veites	93 NEPTUNIO Virginia Chévez	94 PLUTONIO Fernando Aceves Humana

Guillermo Ceniceros

28 NÍQUEL Guillermo Arreola	29 COBRE Vicente Rojo	30 ZINC Alfonso Mena Pacheco	31 GALIO Alfredo Cardona Chacón	32 GERMANIO Ignacio Salazar	33 ARSÉNICO Fernando Tamés	34 SELENIO Ismael Guardado	35 BROMO Luis Gal	36 KRIPTÓN Maribel Portela
46 PALADIO Vanessa García Lembo	47 PLATA Javier Guadarrama	48 CADMIO Emilio Said	49 INDIO Luciano Spanó	50 ESTAÑO Barry Wolfryd	51 ANTIMONIO Carlos Gutiérrez Angulo	52 TELURO Rubén Ochoa	53 YODO Manuel Marín	54 XENÓN Franco Aceves Hamana
78 PLATINO Irma Palacios	79 ORO Gustavo Monroy	80 MERCURIO Emilio Payán Livma Zacarías	81 TALIO José Luis Bustamante	82 PLOMO Arturo Buitrón	83 BISMUTO Ariel Guzik	84 POLONIO Perla Krauze	85 ÁSTATO Roger von Gunten	86 RADÓN Brian Nissen
110 DARMSTADTIO Ixrael Montes	111 ROENTGENIO Roberto Rébora	112 COPERNICIO Olga Chorro	113 NIHONIO Marcos Límenes	114 FLEROVIO Teresa Cito	115 MOSCOVIO Liliana Duering	116 LIVERMORIO Manolo Cocho	117 TENESO Óscar Gutman	118 OGANESÓN Adonay Vázquez

63 EUROPIO Paul Nevin	64 GADOLINIO Miriam Medrez	65 TERBIO Antonio Gritón	66 DISPROSIO Carmen Parra	67 HOLMIO Raúl Herrera	68 ERBIO Gabriel Guerrero	69 TULIO Javier Cortez	70 YTERBIO Saúl Kaminer
95 AMERICIO Víctor Guadalajara	96 CURIO Elena Gómez Toussaint	97 BERKELIO Jocelyne Marmottan	98 CALIFORNIO Rubén Arenas	99 EINSTENIO Adrián Gutiérrez	100 FERMIO Pilar Bordes	101 MENDELEVIO José Nuño	102 NOBELIO Tomás Gómez Robledo

La tabla de los elementos

Este proyecto está dedicado a Oliver Sacks, polvo de estrellas.

El hombre que confundió a su mujer con un sombrero es el título del libro-semilla que germinó en el proyecto *La tabla de los elementos*. Oliver Sacks (Inglaterra, 1933-Estados Unidos, 2015) fue un médico neurólogo y escritor, apasionado de la química. Poco antes de morir, en un artículo para *El País* (1 de agosto de 2015), escribió:

Y ahora, en este punto crítico, cuando la muerte ya no es un concepto abstracto, sino una presencia —demasiado cercana e innegable—, vuelvo a rodearme, como cuando era pequeño, de metales y minerales, pequeños emblemas de eternidad. En un extremo de mi escritorio, en un estuche, tengo el elemento 81 que me enviaron unos amigos de los elementos de Inglaterra; en el estuche dice: “Feliz cumpleaños de talio”, un recuerdo de mi 81º cumpleaños, el pasado julio. Y después está el reino dedicado al plomo, el elemento 82, por mi 82º cumpleaños, que acabo de celebrar a principios de este mes. En él hay también un pequeño cofre de plomo que contiene el elemento 90: torio, torio cristalino, tan bello como los diamantes y, por supuesto, radioactivo (de ahí el cofre de plomo). [...] Junto al círculo de plomo de mi mesa está la tierra del bismuto [elemento 83]: bismuto de origen natural procedente de Australia; pequeños lingotes de bismuto de una mina de Bolivia, bismuto fundido y enfriado lentamente para formar hermosos cristales iridiscentes escalonados como un poblado hopi, y, en un guiño a Euclides y a la belleza de la geometría, un cilindro y una esfera hechos de bismuto. Es casi seguro que no seré testigo de mi cumpleaños de polonio (el número 84), ni tampoco querría tener polonio cerca de mí, con su radioactividad intensa y asesina. Pero en el otro extremo de mi mesa —de mi tabla periódica— tengo un bonito trozo de berilio (elemento 4) elaborado mecánicamente para que me recuerde mi infancia y lo mucho que hace que empezó mi vida próxima a acabar.

En 2015, durante la lectura de *El río de la conciencia* —suerte de autobiografía de Oliver Sacks, publicada de manera póstuma— decidimos hacer una tabla pictórica de elementos químicos, e invitar no sólo a artistas plásticos, sino también a científicos y a músicos. En total, 118 creadores en la construcción de un gran tablero de elementos.

Cada creador que recibió un bastidor y el nombre de un elemento químico se volcó en investigar y en buscar formas de expresar lo que ese elemento en particular les decía, les provocaba. Los materiales utilizados van desde los clásicos óleo, acrílico y encáustica, hasta cerámica, hoja de plata, metales diversos, sal, carbón, grafito, tinta, caseína, plomo, ceniza, papel, e incluso, desechos de equipos de cómputo.

Si bien las piezas artísticas son una muy personal representación de lo que cada artista quiso expresar sobre el elemento que le tocó, los “retratos” de los elementos son las cédulas, redactadas por un equipo de escritores, y asesorados por varios investigadores y científicos. Estas cédulas van más allá de la sola descripción física, material de los elementos. Son narraciones que nos hablan desde la historia, la literatura, el arte: anécdotas, poemas, reflexiones sobre los elementos y su forma de estar en este planeta, de relacionarse con nosotros (y nosotros con ellos).

La convivencia con los 118 creadores que participan en esta tabla ha sido intensa y entrañable. Todos generosos, desinteresados, apasionados, y sin más sumándose a nuestro entusiasmo. Desde la entrega en mano (a casi todos) de los bastidores, hemos tenido largas conversaciones en sus estudios o lugares de trabajo, en sus hogares, acerca del proyecto, pero también de la vida, del país, del arte, de los hijos y de los nietos, de lo cotidiano. Y en medio, el proceso del retrato fotográfico —analógico, blanco y negro— estructurado de manera especial para esta exposición: cada uno al frente de un tablero-pizarrón negro, habiendo antes escrito de su puño y letra, con un gis blanco, el símbolo del elemento que les tocó en suerte trabajar. A los creadores que no pudimos visitar por vivir lejos de esta ciudad les pedimos que nos enviaran una fotografía y, con retoque digital, incluimos el símbolo de su elemento en la imagen. Las piezas entregadas xxxxx xxxxxxxx.

La tabla de los elementos ha sido un proyecto de largo aliento: cuatro años de trabajo que culminan en este libro y en la exposición que de septiembre a noviembre de 2019 se presenta en Universum Museo de las Ciencias de la UNAM. Nada hubiera sido posible sin las personas que se involucraron y esforzaron para hacer de este proyecto una realidad. Imposible en este breve espacio mencionarlos a todos, por lo que en las páginas de créditos y agradecimientos, al final de este volumen, aparecen sus nombres. Nuestro más profundo agradecimiento para ellos.

Mención especial merecen la Dirección General de Divulgación de la Ciencia y Universum Museo de las Ciencias de la UNAM. Desde que escucharon por primera vez sobre *La tabla de los elementos*, sus directivos nos ofrecieron de inmediato su apoyo y entusiasmo, que han sido motor invaluable para cerrar con broche de oro este 2019, declarado por la Unesco como Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

Mención especial merecen nuestros patrocinadores. xxxxxxxxxxxxxxxx

Rogelio Cuéllar | María Luisa Passarge

Por qué perdura esta tabla

Roald Hoffmann*

PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 1981

A finales de la década de 1860, Dmitri Mendeléyev escribe en tarjetas los pesos atómicos de los elementos que se conocen hasta ese momento con la esperanza de encontrarle un sentido a todo el panorama. Las coloca en una mesa, las despliega, las barajea, las reordena una y otra vez. Pareciera que está jugando un solitario de cartas, armado de un paciencia atómica. Le urge tener una guía, un patrón, pues está escribiendo un libro de texto, muy importante para él y sus alumnos. Sin embargo, lo que le muestran las cartas no lo convence. Entonces decide bosquejar una tabla.

Lo que vemos (p. 13) es un borrador. El titanio, contiguo al silicio, ha sido tachado. El hidrógeno fue desplazado. En la parte inferior de la hoja vemos un registro de una serie de elementos a los que aún debe descubrirles su lugar. En la parte superior de la misma hoja, en una mezcla de ruso y alemán (dado que Mendeléyev estudió en Alemania) se lee: “Sobrantes: In, Er, Th, Y”. Pero él encontrará el lugar de cada uno. Y he aquí que se revela lo más emocionante y bello de esta tabla: los tachones. El borrador personaliza el acto creativo, un acto de intimidad que lo hace profundamente humano. Es algo a lo que todos deberíamos aspirar.

Quizá esto nos permita comprender las preocupaciones de los historiadores de la ciencia en nuestros días, ya que ¿dónde están los borradores?

Desde Mendeléyev y Mayer, la tabla periódica se convirtió en el emblema de una profesión—mi profesión—: la química. Sin saber por qué, Mendeléyev no opuso resistencia intelectual y se dejó guiar por las propiedades de los elementos que se repetían, hasta que obtuvo un patrón, una tabla de similitudes. No fue sino hasta el surgimiento de la mecánica cuántica cuando comenzamos a entender por qué, en la tabla de tablas, el silicio (Si) viene debajo del carbonbo (C), con el germanio, el estaño y el plomo debajo del silicio.

Pero si todo en la tabla sólo se tratara de similitudes, nos bastaría con tener un listado de configuraciones atómicas confeccionado por físicos. Esta tabla perdura porque su asunto es, sí, la periodicidad de las semejanzas, pero también la frecuencia de las diferencias.

Por ejemplo, tomemos Si y C. Dado que el primero se halla debajo del segundo, debería comportarse como su superior. En efecto, ambos forman tetrahidruros (SiH_4 y CH_4) y tetrafluoruros (SiF_4 y CF_4). Pero entonces las cosas empiezan a tomar caminos divergentes. El dióxido de carbono (CO_2) es una molécula triatómica (lineal, OCO), sin la cual la vida tal como la conocemos no sería posible, un gas en condiciones normales y una pesadilla para todos nosotros, ya que contribuye el calentamiento planetario. En cambio, el SiO_2 triatómico existe, pero se condensa, y lejos de generar un gas, se convierte en cristales de cuarzo y otros silicatos.

Existe una gran variedad de polímeros que contienen Si enlazado con átomos de oxígeno: barrros, micas, zeolita, aerogel, amatistas, cornalinas, lapislázuli, asbestos, porcelana, cristales, por

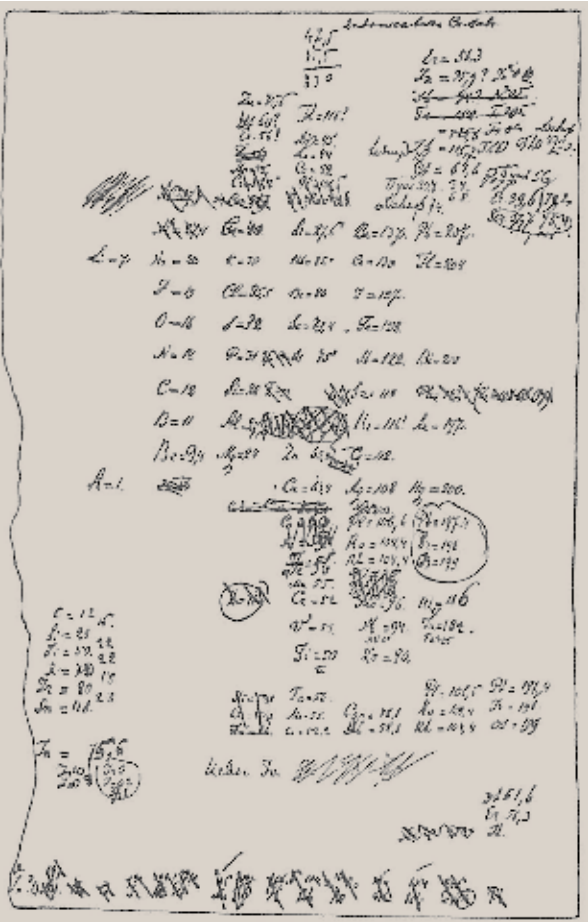
mentonar unos cuantos ejemplos de silicatos. Sin embargo, el silicio ha estado fuera de la vida, al menos ausente de la bioquímica animal. Al mismo tiempo, se trata del segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, sólo detrás del oxígeno. Si elementos mucho menos comunes, como el cobre o el molibdeno, están ligados a los fenómenos vitales, uno se pregunta por qué la evolución no encontró un papel para el silicio en el ciclo de la vida.

No estoy siendo justo. En realidad, a través del sílice, tiene una gran utilidad como material estructural en las diatomeas y radiolarios. O en la cola de caballo (género *Equisetum*), planta que en alguna época produjo árboles gigantescos, los cuales acumularon tanto sílice que se aprovechó para fabricar cepillos de limpieza. Y no olvidemos el sílice en el arroz que consumimos, así como en las grasas en general.

No obstante, sigue siendo un misterio por qué casi nada se encuentra en los organismos vivos. Aun así, hay quienes defienden la ruta del barro, es decir, que la vida estuvo determinada por la variabilidad isomérica, en un acto de equilibrio entre pequeñas moléculas orgánicas metaestables, persistentes, y polímeros unidimensionales. Pobre silicio, capaz de soportar isomerismo pero expulsado de la catenación Si-Si por ese sólido y seductor enlace con el abundante oxígeno.

Quizá por eso resulta sorprendente descubrir cómo nuestro mundo se mueve *in silico*. Es la venganza del silicio. Visto de otra manera, podemos considerar la evolución de la tecnología y el cómputo como la versión más reciente de la apropiación cultural que hacemos los humanos de aquellos elementos olvidados por la biología.

Podría extenderme, ya que la esencia de la química (el que todo sea lo mismo pero no igual) no deja de ser divertida. La tabla emblemática de nuestra profesión permanece robusta y extremadamente útil debido a su profunda naturaleza química, así como por su flexibilidad tanto a la hora de expresar definiciones como en su utilización. La tabla de tablas sobrevive porque nos enseña cómo está organizada la materia, llamando nuestra atención en las similitudes. Y al mismo tiempo pondera las diferencias. No la echamos a la basura porque el Si no es igual al C. Simplemente nos maravillamos, experimentamos e imaginamos, allí donde se puede mejorar la vida, la de usted, la mía, la de todos.



Dmitri Mendeléyev, primeros apuntes de la tabla periódica.

* El profesor Roald Hoffmann, químico de la Universidad de Cornell, es también un reconocido poeta.

En el fondo de los elementos

Carlos Chimal

Cuando Rogelio Cuéllar y María Luisa Passarge me invitaron a participar en este proyecto, me pareció que, además de tener el placer de acompañar la interpretación de los artistas y de invocar la mirada lúdica de algunos grandes poetas, resultaba una magnífica oportunidad para reflexionar en algo que no es un objeto (en todo caso, una colección de objetos), tampoco es una idea ni una ecuación o una ley. ¿Por qué la tabla periódica de los elementos químicos confeccionada por Dmitri Mendeléyev es uno de los logros más importantes del conocimiento humano, considerada una fiesta de la simetría, un mapa de navegación?

“No sólo consolidó la Química como una disciplina esencial para entender el mundo en el que vivimos”, me dijo alguna vez el Premio Nobel sir Derek Barton, “también tendió puentes entre esta ciencia y el fascinante mundo de la Física cuántica”. “El descubrimiento de la periodicidad de los elementos químicos es una de las piedras angulares en el desarrollo de la Química”, asegura un especialista en la tabla, el doctor Tomás Rocha (UNAM). “Ha permitido sistematizar y racionalizar propiedades químicas, es decir, aquellas relacionadas con la reactividad de los elementos descubiertos hasta el momento. E incluso nos abre la posibilidad de predecir rasgos distintivos de los que no se conocen todavía”. Y sostiene el también Nobel de Química y poeta, Roald Hoffmann: “Perdura porque el enfoque de afuera hacia adentro pudo superar obstáculos muy altos, [...] un enfoque necesario debido a los límites históricos de la tecnología”.

En efecto, desde los primeros intentos por encontrar denominadores comunes en la aparente diversidad de los materiales que conforman nuestro mundo real por parte de Alexandre de Chancourtois, John Newlands y, sobre todo, por Lothar Meyer y Dmitri Mendeléyev, el enfoque fue macroscópico, siempre acompañado por la incertidumbre de apenas poder atisbar en el interior de un mundo microscópico. Si bien desde el siglo XVIII Robert Boyle y Antoine Lavoisier concibieron la idea de *elemento* (materia cuyos átomos son similares), no fue sino hasta que John Dalton enunció su teoría atómica, a principios del siglo XIX, cuando se empezó a descubrir un orden subyacente, periódico, en la diversidad de materiales rocosos, acuosos, gaseosos. A partir de entonces los químicos encontraron una ruta para determinar la verdadera marca distintiva de cada elemento: el número de protones en su núcleo. “Por ejemplo, el número atómico del carbono es seis, lo que significa que todos los núcleos de los átomos del elemento carbono tienen seis protones”, indica el doctor Rocha.

Sin embargo, durante un tiempo se pensó que la masa atómica (el número total de protones y neutrones) y no el número atómico (sólo protones) era el camino correcto. Sin estar del todo equivocados, el panorama se afinó aún más gracias a una serie de hallazgos. Uno de ellos fue el descubrimiento de los isótopos por Frederick Soddy, es decir, átomos con el mismo número atómico pero diferente masa. Así, dos isótopos son dos átomos con distinta masa atómica, pero con el mismo número atómico, y por ello tienen la misma posición en la tabla periódica. Por ejemplo, el protio (^1H), el deuterio (^2H) y el tritio (^3H) son átomos con masas distintas (uno, dos y

tres, respectivamente), pero con el mismo número atómico, es decir, uno. Entonces, estos átomos tienen las mismas propiedades químicas (reactividad) y les corresponde el mismo lugar (*topos*) en la tabla periódica de los elementos. Son versiones del mismo elemento que se distinguen por sus diferentes masas nucleares.

Factor decisivo en la sinergia adquirida por estas dos ciencias fue la invención de la difracción cristalográfica, avance tecnológico en Física que profundizó en la naturaleza periódica de los elementos químicos. Fue así como Henry Moseley, hacia 1913, probó una treintena de elementos, desde el aluminio hasta el oro. Lo que descubrió lo dejó atónito: las ondas de rayos X variaban de manera regular su posición al pasar de un elemento a otro, sin dejar de empatar su posición en la tabla. Así, encontró que la periodicidad de los elementos ocurre en función de su número atómico y no de su masa. Un tercer factor crucial por el que la tabla perdurará hasta el final de los tiempos fue la tarea de Glenn Seaborg y sus colaboradores, quienes entre 1940 y 1955 encontraron el sitio correspondiente a nueve elementos, todos ellos posteriores al actinio, por lo que se les conoce como actínidos. De esa manera se descubrió que los elementos más pesados que el uranio forman un grupo aparte en la tabla.

Lothar Meyer ya había propuesto años atrás que, si se graficaran los volúmenes atómicos en función de las masas atómicas se obtendría una gráfica donde los picos máximos estarían ocupados por los elementos más electropositivos, es decir, aquellos que pierden fácilmente electrones al experimentar reacciones químicas. “El volumen atómico no es la única propiedad que exhibe este tipo de comportamiento a lo largo de la tabla”, aclara el doctor Rocha. La energía de ionización se comporta de forma parecida, esto es, la que se requiere para expulsar el último electrón externo de un átomo cuando se halla en su estado fundamental, de mínima energía. Lo mismo sucede con la energía liberada cuando un átomo en fase gaseosa y en su estado fundamental agrega un electrón a su estructura. El efecto pantalla sigue la regla. Se le conoce así a la disminución de la fuerza atractiva del núcleo de un átomo sobre los electrones externos debido a la presencia de aquellos que se encuentran en capas internas. También se ha visto que la electronegatividad (la capacidad de un átomo en una molécula de atraer electrones) es fiel a la naturaleza periódica que define los elementos.

Un aspecto crucial tiene que ver con la distribución de los electrones en los orbitales atómicos, esto es, con su configuración electrónica y la naturaleza cuántica de las subpartículas. Sabemos que los electrones son fermiones, mientras que existen otras llamadas bosones. Una diferencia notable entre estas familias de subpartículas es que en los fermiones no hay restricción en el número máximo de partículas que puede ocupar un nivel energético. Especulando un poco, podríamos pensar que si los electrones fueran bosones, entonces las configuraciones electrónicas de los elementos serían muy distintas y, de hecho, algunos de los bloques de la tabla periódica ¡desaparecerían!

“No hay duda”, afirma el doctor Rocha, “la periodicidad de los elementos y, por ende, de una gran parte de la Química general, se basa en la naturaleza fermiónica de los electrones y los niveles energéticos que ocupan tales electrones dentro de los átomos”. Conforme se han develado las intimidades de la materia, la fascinación de los químicos y los físicos por los ladrillos fundamentales terminó de consolidar los puentes a los que se refería sir Derek Barton.

Sir Peter Atkins afirma que hay que mirar la tabla no como un simple croquis, sino como un mapa, un instrumento de navegación indispensable para entender y sobrevivir en este mundo y los otros. Atkins advierte a los lectores sobre la posibilidad de que aparezcan nuevas y exóticas familias de átomos elementales, mucho más estables que los transuránidos posteriores al 103, el lawrencio, los cuales apenas conocemos. Estos hipotéticos elementos formarían una “isla de estabilidad” aparte, revolucionando la tabla actual. Algunos se lamentan de que si llegara a agregarse un octavo periodo, la belleza simétrica de la tabla se esfumaría, dado que jamás se lograría llenar el grupo.

Gracias, pues, a Rogelio y a María Luisa por tan grata invitación, así como a Daniela Franco Bodek, Verónica García Montalvo, Susana Porcel, Roald Hoffmann, Juan Villoro, Gerardo Herrera Corral, Manuel Amezquita Valencia, Tomás Rocha, Noé Zúñiga Villarreal, Rolando Isita Tornell y José Gordon, quienes nos regalaron su talento en textos memorables.

Hidrógeno

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

“El espacio más secreto del hombre se transfigura con la llegada de lo estelar”, escribió alguna vez el poeta cubano José Lezama Lima. Prueba de ello es el hidrógeno, el más antiguo de los elementos, que surgió poco después del Gran estallido o *Big Bang*. De hecho, podemos afirmar que nada fue creado en la Tierra, todo proviene de las estrellas, excepto este elemento, gas cuyo origen es aún más remoto.

A propósito del avistamiento de una molécula de hidruro de helio, en abril de 2019, localizada en un momento muy cercano al Gran estallido, cien mil años después de la creación del Universo, podemos parafrasear a Xavier Villaurrutia y decir que en nuestros cuerpos hay huellas celestiales: signos, estrellas y letras azules. Esto nos permite recapitular sobre diversas cuestiones acerca de lo que somos y por qué: ¿de dónde provienen los elementos químicos que constituyen nuestra esencia? Aquellos que descubrimos en la Tierra, ¿son locales o se gestaron en otro sitio? ¿Cómo se crean? Tal parece que nuestras dudas ontológicas podrían aclararse si nos remontamos a las estrellas.

Luego de la sopa primordial, formada por quarks y gluones en estado plasmático, se formó el hidrógeno, el más simple de todos los elementos. Y el más abundante. Tan sólo en nuestra Vía Láctea, el 90% de la materia luminosa lo constituyen átomos de este elemento prístino. El hidrógeno es, pues, la componente básica de las estrellas nacientes, el combustible que quemarán a lo largo de su vida.

Así, las primeras estrellas agotaron sus reservas y en el ínterin dejaron un desecho, “cenizas” de tan larga combustión. Este residuo fue el segundo elemento de la historia: el helio.

Los astrofísicos suponían, entonces, que el primer compuesto debió haberse dado entre estos dos elementos. En efecto, así fue como pudo detectarse gracias a *sofía*, el Observatorio Estratosférico de Astronomía Infrarroja de la NASA y el Centro Aeronáutico Alemán.

H

SÍMBOLO

1

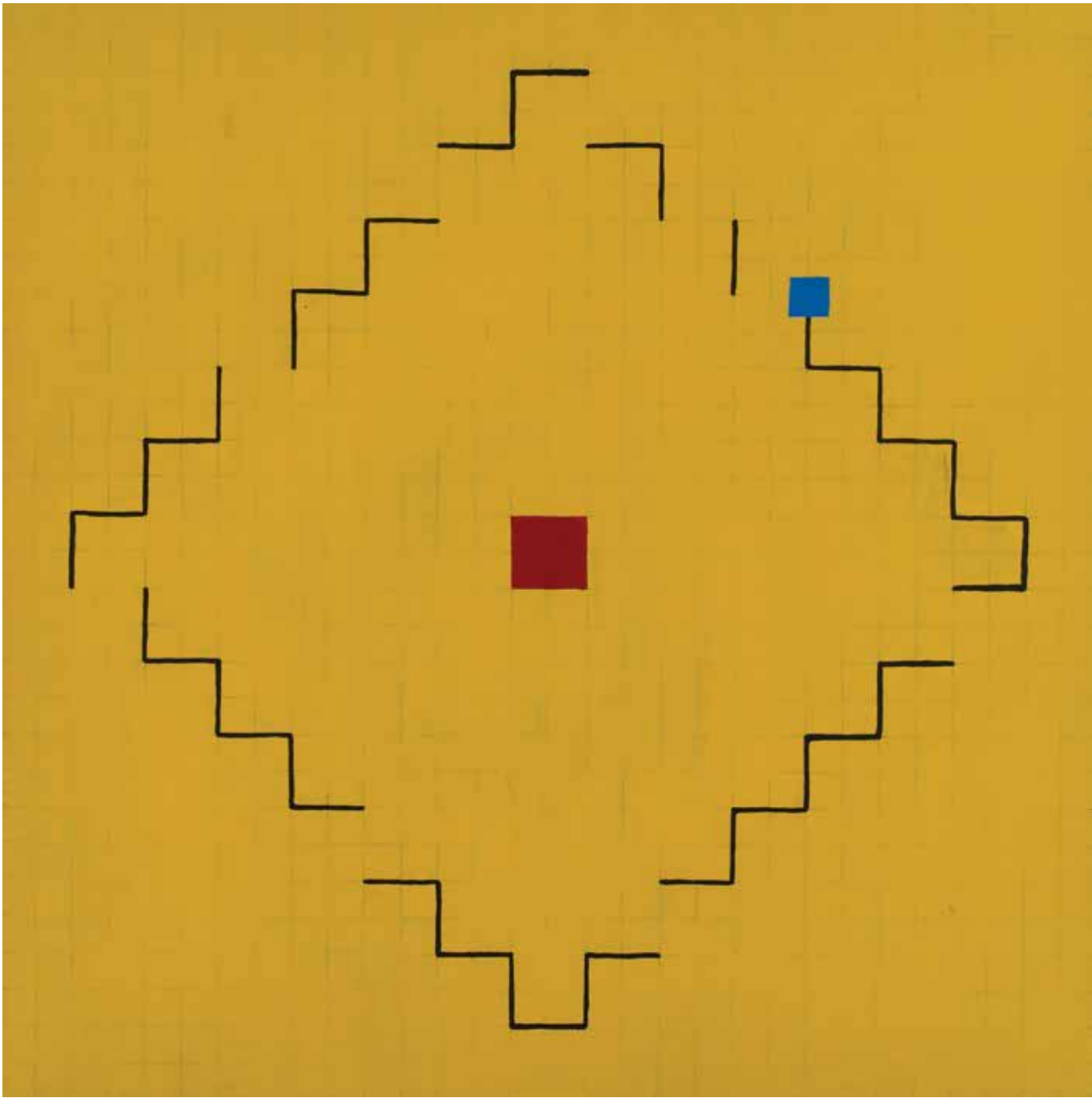
NÚMERO ATÓMICO



JOSÉ FRANCO | ADRIÁN REGNIER

Descubierto en 1766 por Henry Cavendish y bautizado como hidrógeno por Antoine Lavoisier, se trata de un elemento crucial en la formación del agua, en la síntesis del amoníaco, así como en la composición de grasas saturadas e insaturadas. A pesar de su simplicidad (o quizá como consecuencia de ella), el hidrógeno ha sido fundamental en el entendimiento de la periodicidad de los elementos químicos, pues es el único que permite un tratamiento exacto de las leyes de la mecánica cuántica.

Una de sus aplicaciones más prometedoras es la fabricación de vehículos impulsados por electricidad, cuya fuente de combustible sería dicho elemento, dado que sus emisiones al ambiente serían vapores de agua. Podemos decir, en versos de Carlos Pellicer, que el hidrógeno es: “Algo que nace, como que aletea. / Un átomo de vida se ha encendido, / Y el universo ejerce su tarea”.



José Franco | Adrián Regnier *Hidrógeno*
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Carbono

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El carbono puede considerarse el gran mutante: existe en forma de objetos inquebrantables y nítidos como los diamantes, y frágiles, oscuros, como el grafito. Junto a estos dos cristales hemos encontrado en la naturaleza tres mutaciones más: el carbón vegetal, el coque y el negro de humo.

No es exagerado afirmar que la vida depende, en gran medida, del carbono. Hoy en día se conocen varios millones de compuestos orgánicos que este elemento forma junto con el hidrógeno. De hecho, el número de compuestos en los que se halla presente es mayor a la suma de los que forman el resto de los elementos en su conjunto.

Se encuentra ampliamente diseminado en la Tierra, con abundancia. Destacan los depósitos de hulla, donde el carbono libre se combina con el hidrógeno y el nitrógeno para formar pesadas moléculas. Diversos minerales, como el mármol, la piedra caliza, la dolomita y el yeso están constituidos por carbonatos.

Notables son, asimismo, los fulerenos, moléculas de carbono que pueden adoptar formas geométricas esféricas. Si bien se conocen con 540 átomos, el más conocido es el C_{60} , llamado también buckyfulereno, parecido a un balón de fútbol y a las esferas geodésicas que imaginó el arquitecto Richard Buckminster Fuller. Formado por 60 átomos de carbono, podría tener incluso aplicaciones terapéuticas.

Muy útil es el carbono 14, uno de los tres isótopos de este elemento, ya que desde mediados del siglo xx ha permitido precisar la edad de restos orgánicos, como los fósiles.

No deja de ser paradójico que un elemento esencial para la vida se convierta en una amenaza, ya que, al unirse con el oxígeno produce monóxido y dióxido de carbono, gases que son una pesadilla de las urbes del siglo xxi, como lo fue el carbón usado para calentar los crudos inviernos durante siglos. En muchas regiones del mundo sigue quemándose, en detrimento del medio ambiente. Al mismo tiempo, el dióxido de carbono se emplea en la carbonatación de bebidas y en extintores

C

SÍMBOLO

6

NÚMERO ATÓMICO



BEATRIZ ZAMORA

de fuego. En estado sólido se convierte en hielo seco. Por su parte, el monóxido de carbono es un importante agente reductor en procesos metalúrgicos.

Nanotubos de este elemento se fabrican en beneficio de la electrónica, la óptica y otras ramas de la industria. La sorpresa más reciente es la fabricación de láminas de carbono puro en dos dimensiones, cuyo espesor no supera un átomo y están dispuestos como paneles de abejas, formando hexágonos regulares. Es un material casi transparente —“poderosamente suspendido e invisiblemente empujado”, diría José Lezama Lima—, que se extrae mediante una técnica relativamente sencilla del grafito con el que se fabrican las minas de los lápices. Lo que ha generado el carbono es, en palabras de Antonio Deltoro, una “algarabía inorgánica” manifiesta en cada uno de los organismos que han vivido, viven y vivirán, al menos en este planeta.



Beatriz Zamora **Carbono**

resina acrílica, carburo de silicio y negro de humo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Nitrógeno

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

El nitrógeno es uno de los elementos más abundantes, no sólo en la Tierra, sino en el Universo. Muchos meteoritos contienen nitrógeno libre. En nuestra atmósfera, este gas inodoro, sin color ni sabor, existe 78.09% por volumen, por lo que es la principal fuente para su uso comercial e industrial. Incluso poetas se aventuran a incluir su nombre en textos sobre asuntos científicos y fenómenos relacionados con la naturaleza.

Hacia la segunda mitad del siglo XVIII, varios investigadores estaban interesados en dilucidar cuál era la esencia del aire que respiramos. A pesar de haberla hallado, casi todos se hallaban atrapados por la teoría del flogisto, la cual sostenía que el proceso de combustión de una sustancia consistía en la pérdida de “algo” que se inflamaba: un flogisto. En 1772, Carl Wilhelm Scheele se dio cuenta de que el aire está compuesto por dos gases. A uno lo llamó “aire ígneo” —el que promueve la combustión—, y al otro, “aire viciado” —el “inútil” que quedaba luego de la combustión.

Ese mismo año, el botánico Daniel Rutherford publicó sus hallazgos, mientras que Henry Cavendish y Joseph Priestley llegaban a sus propias conclusiones. Sin embargo, fue Antoine Lavoisier quien echó abajo la teoría del flogisto y empezó a considerarlo un nuevo elemento. De hecho, en francés aún se usa la palabra que él utilizó para designarlo: *azote*, del griego *zoe*, incapaz de generar vida. En 1790, Jean-Antoine Claude Chaptal lo llamó nitrógeno porque se demostró que este nuevo gas formaba parte del nitro, nombre común para referirse al mineral del nitrato de potasio, también conocido como salitre. Otro material rico en nitrógeno es el guano, que se encuentra en las cuevas de murciélagos y otros sitios secos que suelen ser visitados por diversas aves.

Resulta injusto considerarlo incapaz de generar vida, pues constituye un 16%, por peso, de las proteínas, las cuales, como sabemos, son esenciales para la formación y desarrollo de todos los organismos vivos. Lo encontramos tanto en los suelos como en la lluvia en forma de amoníaco y sales de

N

SÍMBOLO

7

NÚMERO ATÓMICO



SANDRA PANI

amonio. En los océanos existen iones de amoníaco (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-).

Gran parte de su producción industrial se realiza mediante la licuefacción del aire y su posterior destilación fraccionada. De tantas maneras está conectado con el funcionamiento global que existe un “ciclo del nitrógeno”, del cual depende el equilibrio dinámico de la biosfera. En estado líquido tiene invaluables aplicaciones en sitios donde se requiere de criogenia: desde aceleradores de partículas a sitios donde se conservan órganos corporales para ser transplantados. La industria química aprecia su capacidad de prevenir la oxidación y otras formas de degradación de ciertos productos. Por su calidad inerte se le puede mezclar con gases que sí reaccionan a fin de estabilizarlos. Sirve de portador para disipar calor o sustancias químicas. También es de enorme utilidad para combatir incendios y explosiones.



Sandra Pani **Nitrógeno**

óleo y encáustica/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Oxígeno

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

El ciclo fundamental que anima la vida en nuestro planeta tiene en el oxígeno a su protagonista. Gas inodoro, incoloro e insípido, es lo que respiramos los habitantes del reino animal, lo convertimos en gas carbónico (dióxido de carbono), el cual, a su vez, lo consumen todos los miembros del reino vegetal. Su desecho, mediante la fotosíntesis, es oxígeno. No sólo posee una gran capacidad para reaccionar con casi todos los elementos de la tabla y formar compuestos, sino que, en algunos casos, llega a reemplazar a otros elementos de anteriores combinaciones. En la mayoría de los casos, genera calor o aparece luz, es decir, provoca combustión.

La molécula de agua, calificada por los químicos de maravillosa tanto por su arquitectura molecular como por sus propiedades químico-físicas, es, sin duda, el compuesto más importante del planeta. Fue descubierto en 1772 por el farmacéutico Carl Wilhelm Scheele, quien no entendió exactamente lo que había obtenido y no publicó sus hallazgos en ese momento, sino varios años después, cuando Antoine Lavoisier demostró de qué se trataba. Dos años más tarde, el químico Joseph Priestley llegó al nuevo elemento gaseoso por sus propios métodos y los publicó, si bien tampoco entendió lo que había descubierto. Sería el genial y malhadado Antoine Lavoisier, entre 1775 y 1780, quien comprendería que estaban frente a un nuevo elemento. Descartando la teoría del flogisto, lo llamó oxígeno debido a su tendencia a formar ácidos. Parecía tener un enorme apetito por reunirse con muchas sustancias. Así, lo nombró “el formador de ácidos”.

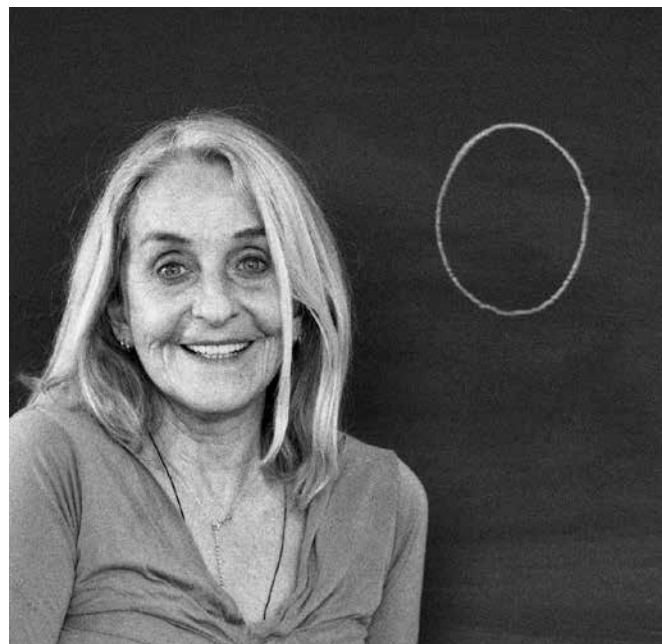
Una de las dos formas alotrópicas, el ozono (O_3), es esencial para la vida, pues en la estratosfera forma una capa que mantiene estable la temperatura planetaria y nos protege de la radiación ultravioleta que proviene del Sol. Sin embargo, a nivel de la calle es perjudicial cuando lo respiramos. Es un poderoso agente oxidante. La descarga eléctrica en el aire que provoca la formación de ozono y un poco de oxígeno puro, deja en el ambiente un característico aroma acre,

O

SÍMBOLO

8

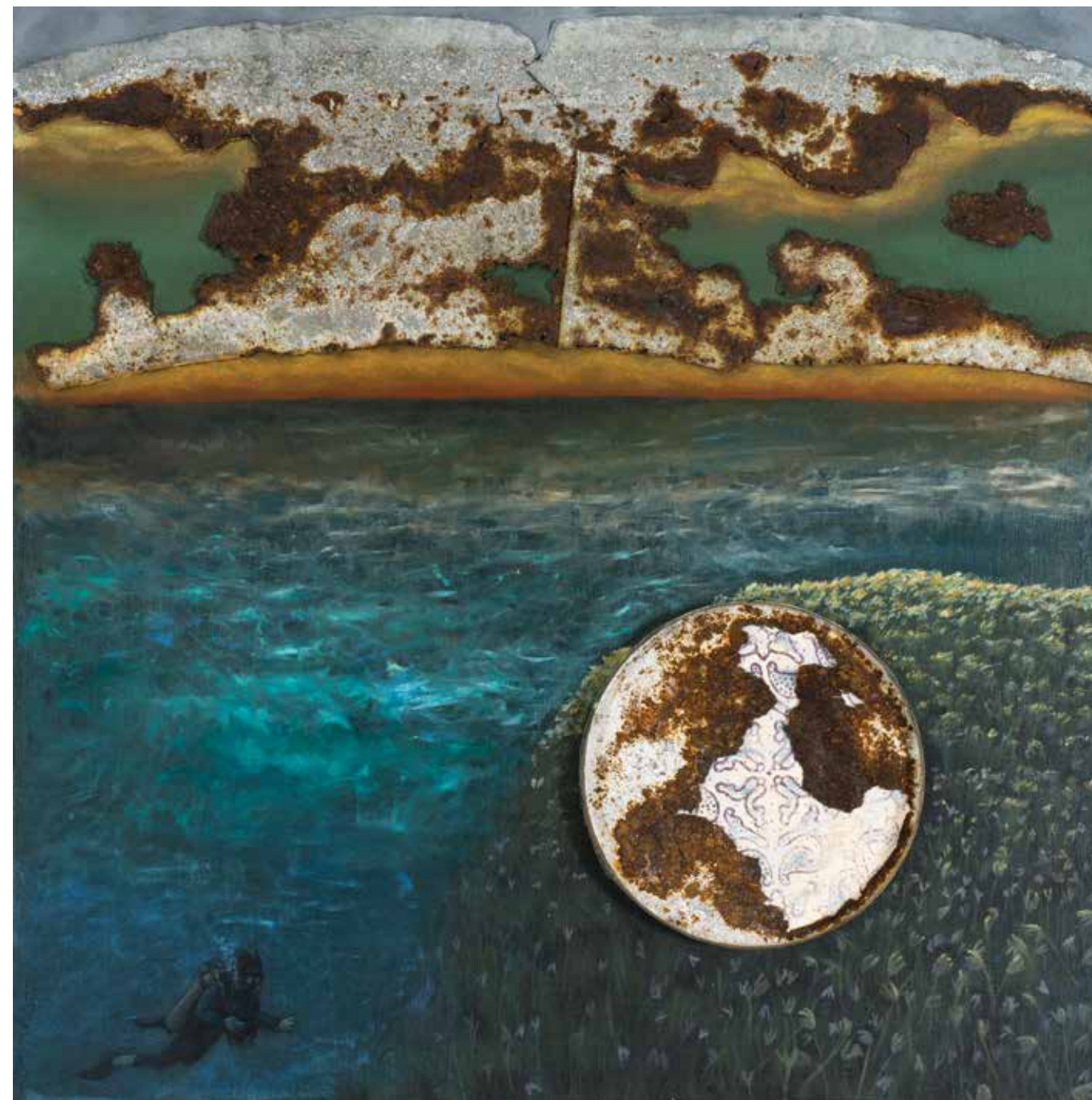
NÚMERO ATÓMICO



MANUELA GENERALI

como cuando se desprende una chispa de un generador eléctrico. “Follaje de chispas, gran árbol que se enciende y apaga y enciende”, en palabras de Octavio Paz.

Gracias a su elevado punto de ebullición con respecto al nitrógeno y al argón, resulta menos volátil que ellos. Por eso se aprovecha mejor el hecho de que, como cualquier gas comprimido, tiende a enfriarse cuando se expande. La industria del acero utiliza oxígeno puro para remover impurezas, ya que es un proceso más limpio y eficaz que usar aire. También se usa oxígeno puro en submarinos y campanas de exploración submarina. Existen planes que pretenden emplear oxígeno líquido como combustible de naves espaciales. Otra de sus múltiples aplicaciones es en los bares de oxígeno: mediante una mascarilla podemos conectarnos a una máquina que concentra el oxígeno a un 50 %, considerando que el aire normal contiene 21 por ciento.



Manuela Generali **Oxígeno**

óleo con intervenciones metálicas oxidadas/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Fósforo

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

A temperatura ambiente, el fósforo es un sólido incoloro, un tanto opaco, suave. Pertenece al grupo del nitrógeno, por lo que no se le considera metálico. Ocupa el lugar 12 entre los elementos más abundantes del planeta, y en el cosmos existe un átomo de fósforo por cada millón de silicio, dato que sirve de referencia para apreciar con cuántos recursos contamos todavía. Reacciona con facilidad, por lo que no lo encontramos libre, excepto en algunos meteoritos. Existen más de 500 minerales que contienen fósforo, si bien abunda sobre todo en las apatitas —en particular la fosforita—, enormes rocas de carbonatos salpicadas de fósforo. En éstas, iones de dicho elemento conviven con iones de calcio, aunados a cantidades variables de flúor, cloro o iones de hidróxido. La wavelita —de esferas radiadas en tonos verdes— y la vivianita —láminas amorfas de color azul— son minerales fosfatos que también contienen fósforo.

Fascinante desde tiempos remotos por su capacidad de brillar en la oscuridad, quizá fue aislado de manera casual por alquimistas árabes del siglo XII, aunque sabemos que fue descubierto en 1669 por Hennig Brand, comerciante embelesado por la ciencia de las transformaciones materiales y, en particular, por el fósforo, convencido de que podía convertirlo en oro. En una carta dirigida al notable matemático Gottfried Wilhelm Leibniz relata la ingeniosa y nauseabunda manera como logró obtenerlo a partir de 50 cubetas de orina. Frustrado por no lograr la ansiada transmutación, dio a conocer su hallazgo. El nombre deriva del griego *phos*, luz, y *phorus*, portador.

A pesar de formar parte de la familia del nitrógeno, este “portador de luz” se comporta de manera muy distinta. A diferencia del primero, adopta hasta diez formas alotrópicas. Tres de ellas destacan por sus colores: blanco, rojo y negro. Se le considera el elemento de la vida y la muerte, pues participa en una cantidad considerable de compuestos, lo mismo gaseosos que sólidos y líquidos, algunos letales, otros claves en

P

SÍMBOLO

15

NÚMERO ATÓMICO



JAZZAMOART

el desarrollo de organismos vivos. Está en nuestros huesos y dientes, en nuestro ADN, así como en bombas incendiarias y en leyendas tétricas. Por ejemplo, si las condiciones son favorables, puede formarse vivianita sobre el cuerpo de un humano fallecido gracias al fosfato que se desprende de los cadáveres, más la presencia de hierro en los ataúdes y de agua. En su libro *The Sordid Tale of Murder, Fire, and Phosphorus*, John Emsley relata cómo nos ha acompañado a lo largo de la historia, desde el interés obsesivo por parte de muchos alquimistas —uno de ellos, el padre de la química moderna, Robert Boyle—, pasando por la aparición de los fuegos fatuos —pequeñas llamas que abandonan los cadáveres enterrados cerca de la superficie—, las leyendas de la combustión espontánea de algunos cuerpos, hasta el drama real de las obreras que fabricaban cerillos con puntas de fósforo y que, al manipularlos todos los días, sufrieron severos daños hasta la muerte.



Jazzamoart Fósforo
óleo/madera, 60 × 60 cm, 2019

Azufre

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El azufre pertenece a la familia del oxígeno, por lo que no es un metal. Es inodoro e insípido, suave y ligero; se caracteriza por sus cristales amarillentos. Podemos encontrarlo en numerosos minerales sulfuros y sulfatos, muchos de ellos en regiones volcánicas. Forma parte esencial de la vida, ya que es constituyente de enzimas y aminoácidos y, por tanto, de las proteínas. En combinación con hidrógeno produce un olor desagradable, como de huevo podrido. Cuando arde, su flama azul despiden un aroma asfixiante. Es insoluble en agua, aunque sí se disuelve en disulfuro de carbono. Se conoce desde la Antigüedad, por lo que en sánscrito se le nombra *sulvere*, y *sulpur* en latín. Puede encontrarse en forma libre, sobre todo en sitios donde existen fuentes de aguas minerales y, como se dijo, cerca de volcanes.

Entre los compuestos azufrados destaca el sulfuro de dimetilo, la forma predominante de intercambio de este elemento entre la atmósfera y los océanos. Es notable también el ácido sulfúrico, el compuesto más importante de la industria química. Muy pocos productos evitan su contacto en algún momento de su manufactura. Entre los procesos en los que resulta clave la intervención de dicho compuesto están la fabricación de las baterías eléctricas y la pólvora, así como la vulcanización de caucho. También se emplea como fungicida y en la producción de fertilizantes fosfatados.

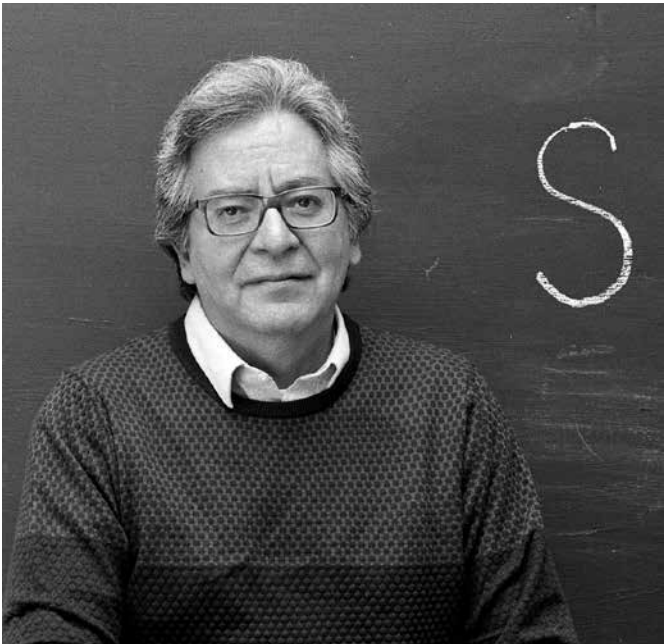
Algunos organismos utilizan el sulfuro de hidrógeno de una manera análoga a como las plantas emplean el agua durante la fotosíntesis. En este caso, cuando se eliminan los átomos de hidrógeno de la molécula acuosa, el desecho es oxígeno gaseoso que termina mezclándose con el resto de la atmósfera. Este mismo proceso se lleva a cabo en bacterias que consumen sulfuro de hidrógeno. La diferencia estriba en que cuando se elimina el hidrógeno en el interior de tales microorganismos, el desecho no es oxígeno sino azufre. Y dado que se trata de un sólido, no de un gas, las colonias bacterianas han tenido que arreglárselas para sobrevivir. ¿Cómo?

S

SÍMBOLO

16

NÚMERO ATÓMICO



MIGUEL ÁNGEL ALAMILLA

Acumulando en forma paulatina centenares de montículos. De algunos de estos “basureros”, localizados en las profundidades del Golfo de México, aún se extrae semejantes desechos de azufre.

Al menos desde el siglo IV, el azufre representa el infierno, al que San Agustín llama “lago de fuego y azufre”. En la obra *Otelo*, de William Shakespeare, se menciona el azufre en varias ocasiones: Yago detesta al moro de Venecia y sabe que la sangre de su patrón hervirá “como minas de azufre” cuando le hable de los imaginarios deslices de Desdémona. Más tarde, Otelo se da cuenta de que ha cometido un error fatal con su amada, y a las puertas del infierno entiende que al demonio de la envidia y los celos habrá de “rostizarlo en azufre”.



Miguel Ángel Alamilla **Azufre**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Selenio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El selenio se presenta en varias formas alotrópicas; tres de ellas son las más conocidas, pero ninguna abunda en la superficie terrestre. Podemos encontrarlo como un polvo rojizo o en forma vítrea de color negro. La versión más estable se muestra en hexágonos cristalinos de aspecto gris metálico, mientras que otra —el selenio monoclinico cristalino— adquiere un tono rojo subido. La primera tiene la curiosa propiedad de aumentar gradualmente su conductividad eléctrica mientras más tiempo se expone a la luz. Si iluminamos una muestra durante 0.001 segundos, aumentaremos su conductividad hasta quince veces.

Fue descubierto en 1817 por Jöns Jacob Berzelius al analizar impurezas en ácido sulfúrico que había recolectado de una fábrica. En un principio creyó que se trataba de telurio, aunque luego de un segundo vistazo comprendió que estaba ante un nuevo elemento. A temperatura ambiente es sólido, aunque no se trata de un metal. Resulta curioso que su nombre evoque a la deidad griega representante de la Luna, pues en la tabla, justo arriba del selenio, se encuentra el telurio, el cual apela a la Tierra en griego.

El selenio es crucial para la sobrevivencia de muchos organismos, pues algunos compuestos son venenosos para muchos animales. Además, las plantas que crecen en suelos ricos con selenio tienden a absorberlo y acumularlo, lo que las vuelve tóxicas. Por otra parte, los humanos necesitamos selenio para mantener nuestras articulaciones sanas. Es esencial en el buen funcionamiento del corazón y el sentido de la vista. También desempeña un papel significativo en la síntesis de ADN, el sistema inmune y el sistema reproductivo. Podemos encontrarlo en una amplia variedad de alimentos, tales como carnes, granos y lácteos. Se ha utilizado como coadyuvante en el combate a ciertos tipos de cáncer, entre otras enfermedades.

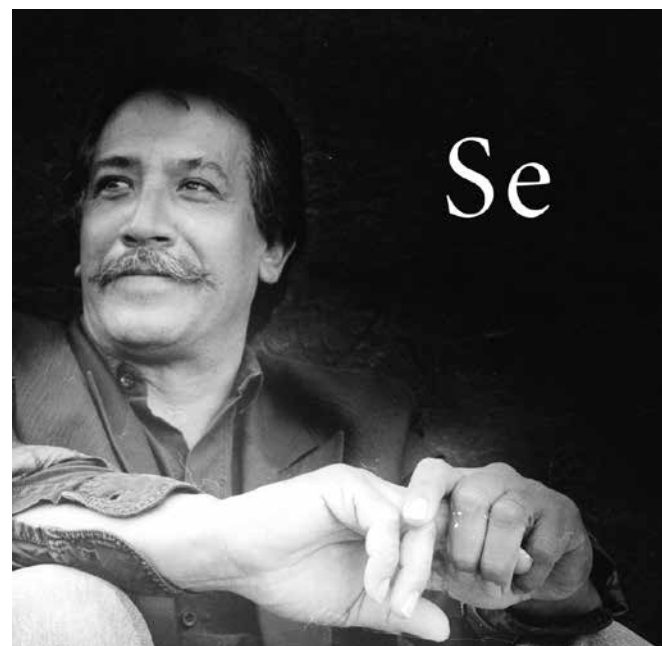
La fuente principal de este metaloide se produce durante el proceso de refinamiento del cobre, extraído como pro-

Se

SÍMBOLO

34

NÚMERO ATÓMICO



ISMAEL GUARDADO

ducto secundario. Como se dijo, debido a su extraordinaria fotoconductividad, la luz excita electrones poco afianzados a sus órbitas, de manera que éstos brincan a mayores niveles de energía (niveles de conducción). Semejante migración de electrones genera dicha conductividad, la cual ha sido aprovechada para la fabricación de artefactos que pueden traducir variaciones de la intensidad luminosa en corriente eléctrica y, de esta manera, generar efectos visuales, magnéticos y mecánicos. Ejemplos son alarmas, dispositivos mecánicos de cierre y apertura, películas sonoras, sistemas de seguridad, televisión, xerografía. Entre los compuestos del selenio destacan los que forma con átomos de oxígeno y un halógeno. Uno particularmente poderoso como solvente es el oxicluro de selenio. El ácido selénico es valioso dado que es tan fuerte como el ácido sulfúrico y más fácil de reducir.



Ismael Guardado **Selenio**

acrílico y esmalte/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Litio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El litio es el metal sólido más ligero que existe en la Tierra. Suave, de color plata blanquecina, se oxida con rapidez en el aire y el agua, medio en el que puede flotar antes de estallar en una violenta reacción. Naturalmente podemos encontrarlo en los isótopos ⁶litio y ⁷litio, los cuales pueden emplearse como eficaces rastreadores de las interacciones entre el agua y las rocas para encontrar, por ejemplo, depósitos de aguas geotérmicas y termo-minerales. No es tan abundante como el níquel, el cobre y el wolframio, pero supera los volúmenes de cerio y estaño. El ⁷litio es uno de los elementos primordiales del Universo, ya que se formó durante la síntesis de núcleos atómicos, unos cuatro minutos después del Gran estallido o *Big Bang*.

Se aprovecha como material anódico tanto en baterías de alta energía como en las de celulares, cámaras fotográficas y de video debido a su particular capacidad electroquímica. Es el único metal alcalino que reacciona con el nitrógeno a temperatura ambiente para formar un polvo negro llamado nitruro de litio. Este compuesto puede consumir dióxido de carbono, el gas con efecto invernadero más agresivo en el planeta. Aleaciones con magnesio y aluminio representan ventajas en la fabricación de partes estructurales de aeronaves frente a las de aluminio puro.

Su nombre proviene de la palabra griega *lithos* —piedra—, ya que, a diferencia de otros metales alcalinos extraídos de tejidos vegetales, fue hallado primero en minerales. En efecto, en 1817, Johann Arfvedson lo descubrió en petalita que recolectó de la isla sueca de Utö, aunque no logró aislarlo. Fueron Augustus Matthiessen y Robert Bunsen, cada uno por su cuenta, quienes en 1855 consiguieron suficiente metal puro a partir de la electrólisis de cloruro de litio, y empezaron a estudiar sus propiedades. Décadas más tarde se encontró que también plantas y animales contienen algo de litio.

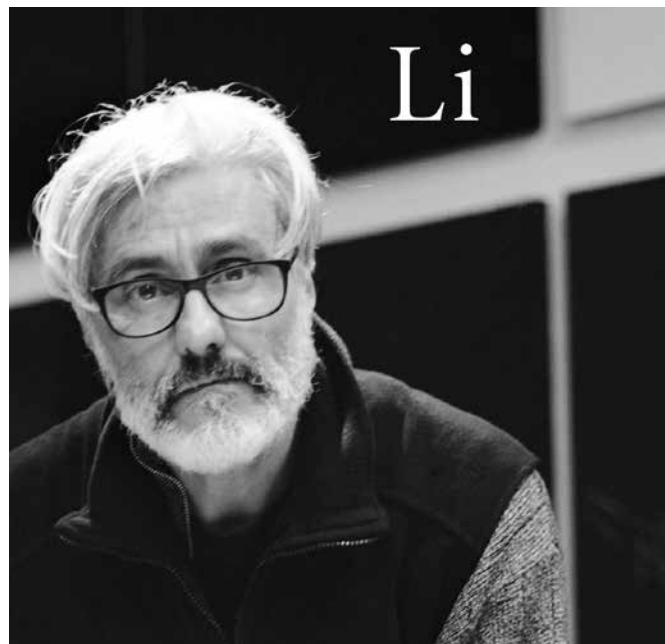
Si bien desde la Grecia antigua se conocen las propiedades terapéuticas de las sales de litio, fue sobre todo a partir de

Li

SÍMBOLO

3

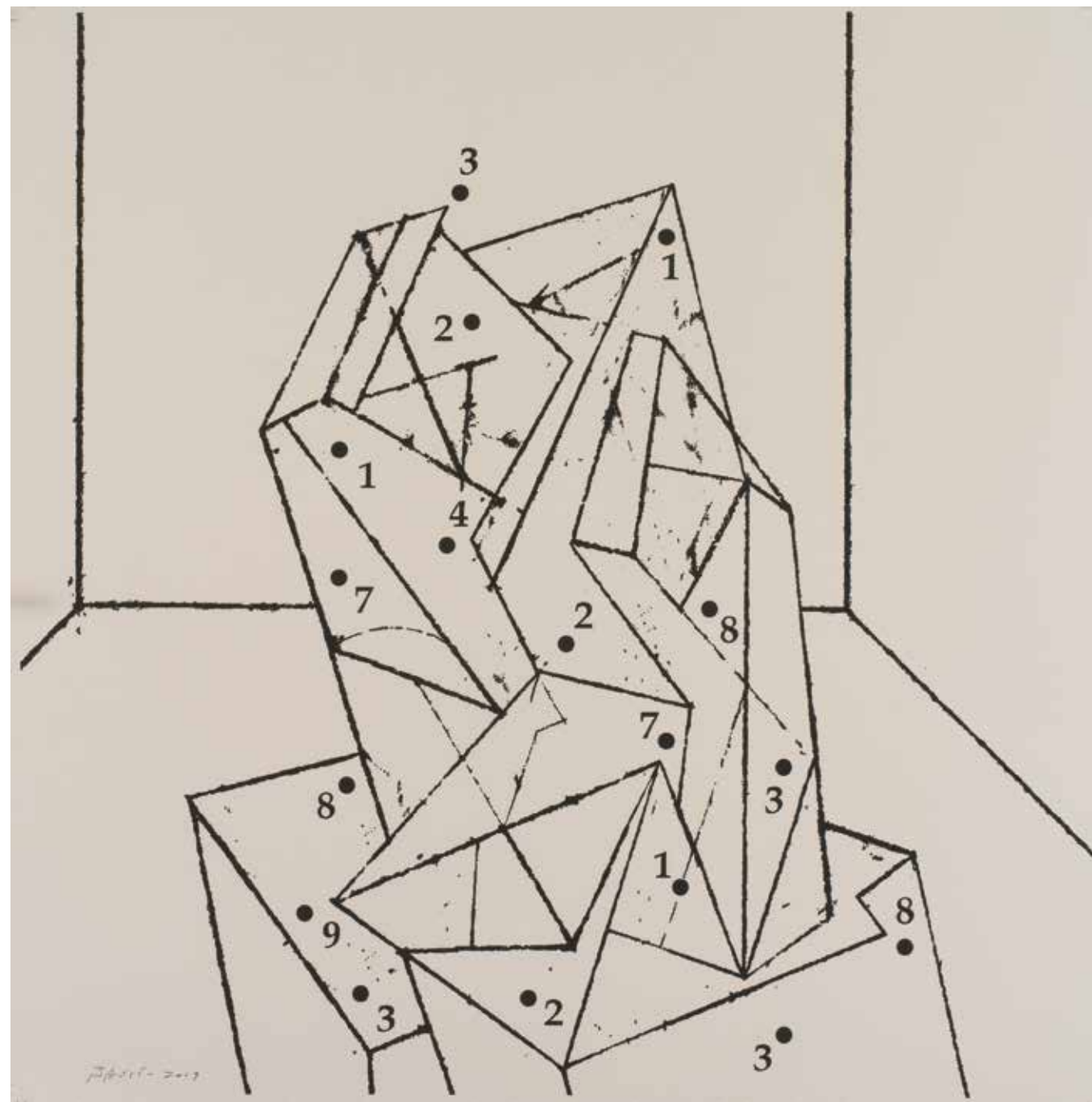
NÚMERO ATÓMICO



JAVIER BASSI

mediados del siglo XIX que se usaron para prevenir y curar reumatismo y gota, y desde fines de ese siglo, con el propósito de atenuar algunos trastornos relacionados con el sistema nervioso y la conducta maniaco-depresiva, conocida ahora como desorden bipolar.

El poema “Llega el litio”, de José Agustín Goytisolo, describe la dramática experiencia de un paciente: “Mucha tristeza nunca le humilló / pero temía el hondo pozo oscuro / que él envolvió en sus aguas cenagosas. / Mucho haloperidol; pinchazos de antabús / probó electroterapia veinte veces / y salió disparado a una vida / que ahora ya no recuerda: quince años / hasta que llegó el litio: quince años / perjudicando a todos los que amaba / pues gastó su dinero y el ajeno / en alcohol y viajes y en delirios. / Pero el litio llegó y está en su sangre / y ahora es su compañero de por vida / hasta la oscuridad o la luz total”.



Javier Bassi **Litio**

impresión de inyección de tinta/papel fabriano/madera, 60 × 60 cm, 2019

Sodio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Sólido blanco plateado, el sodio es un metal alcalino presente en grandes cantidades en océanos y ríos. Es el sexto elemento más abundante en la superficie del planeta. También existe en forma de iones y átomos en el Sol y en otras estrellas. Después del cloro, forma parte esencial del agua de mar. Por su singular reactividad no se encuentra libre en la naturaleza. Es más ligero que el agua y se incendia fácilmente al contacto con ella, ya que cuando el sodio se calienta, genera llamas anaranjadas. Reacciona incluso con la nieve, cuyo producto en todos los casos es hidróxido de sodio con desprendimiento de hidrógeno. Por eso su forma pura se almacena en aceite o keroseno.

Desde tiempos prehistóricos, la humanidad ha utilizado la sal (cloruro de sodio) como conservador y saborizante, al igual que el carbonato de sodio, que se emplea desde hace siglos en la manufactura de vidrio. Varios minerales contienen calcio, entre ellos la halita, la criolita, la nitratina, la zeolita, el anfíbol y sodalita. Forma parte clave en la constitución de silicatos, en particular feldespatos y micas.

Es probable que el vocablo *soda* provenga del árabe *suda*, que significa “dolor de cabeza”. De hecho, para obtenerla en la Edad Media se usaban las cenizas de la salicornia, rica en sal, con el propósito de curar jaquecas. De esta manera, el remedio se llamó *sodanum*, conservándose la abreviatura *soda*. A principios del siglo XIX, la popularidad de la “soda” —efervescente— creció como la espuma entre el público.

Fue Humphry Davy quien, en 1807, aisló el elemento a partir de soda cáustica y lo nombró de esa manera. Sin embargo, es oportuno señalar que su símbolo —Na— deriva de la palabra latina *natrium* (árabe: *natrun*), que se usaba para referirse al carbonato de sodio.

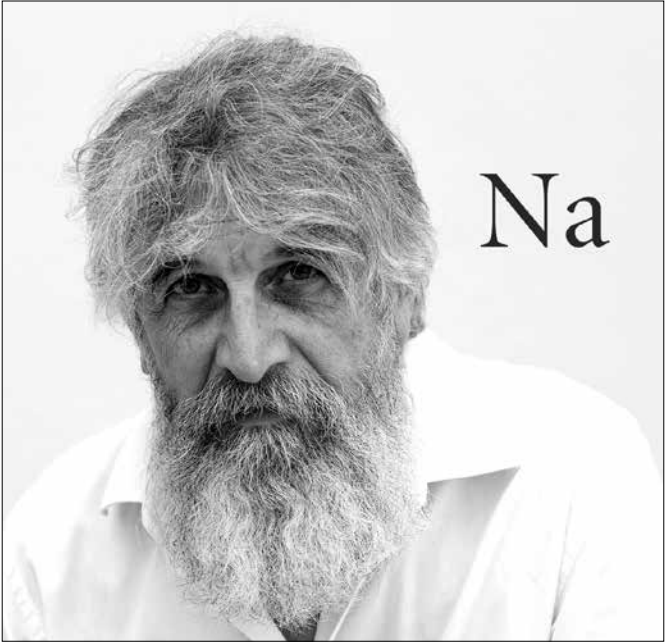
Su participación es de crucial importancia en el funcionamiento de neuronas y músculos. Puede eliminar átomos de calcio de metales diversos, y así se obtiene una superficie más lisa. También es útil en la refinación de zirconio y potasio con

Na

SÍMBOLO

11

NÚMERO ATÓMICO



JORDI BOLDÓ

base en sus compuestos. En estado líquido se usa para refrigerar reactores nucleares. Lo tenemos en forma de vapor contenido en las luminarias que alumbran las calles. Solo, o en combinación con potasio, se utiliza en la fabricación de disolventes secos (desecantes).

Además de la sal, la soda y el carbonato de sodio, existe una variedad de moléculas que hacen la vida más llevadera. El sulfato de sodio, por ejemplo, participa tanto en la manufactura de papel kraft, vidrio y detergentes, como en la producción de diversas sustancias químicas. El hiposulfito de sodio es utilizado por los fotógrafos en el proceso de revelado e impresión de sus imágenes. El nitrato de sodio es un eficaz fertilizante nitrogenado y parte de la fórmula de la dinamita. Se le conoce como cal de Chile, pues los depósitos más grandes se localizan al norte del país andino.



Jordi Boldó **Sodio**

Cloruro de sodio y barniz poliuretano/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Potasio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El potasio es un metal que, en su forma pura, es suave, ceroso, y puede cortarse fácilmente. Sin embargo, nunca se encuentra libre en la naturaleza debido a su peculiar reactividad. Proviene de la agonía de estrellas gigantes que devienen en supernovas y funden los núcleos del oxígeno local. Fue el primer elemento que Humphry Davy descubrió mediante la técnica de la electrólisis, inventada por él en 1806. Notó que los enlaces químicos son de naturaleza eléctrica, de manera que si se aplicaba la corriente adecuada y en condiciones precisas, podía descomponer sustancias en sus “ladrillos” elementales. El año siguiente procedió a electrolizar potasa cáustica fundida (hidróxido de potasio) ligeramente humedecida por el ambiente en su laboratorio de la Royal Institution. Aplicó una corriente generada por tres enormes pilas eléctricas y obtuvo grumos metálicos, brillosos, que se habían acumulado en el electrodo cargado negativamente. Su asistente asegura que Davy estaba tan emocionado que bailó por un instante antes de continuar con el experimento.

No debemos olvidar el papel esencial del potasio en la vida, pues todas las plantas y otros organismos requieren de su dosis periódica. Además, actúa en lo más profundo de nuestro mapa celular. Así, el ión potasio hexahidratado participa en la polaridad de carga eléctrica de las membranas celulares en las respuestas neuromusculares. Estabiliza la estructura de lo que nos define: el ADN y el ARN. Asimismo, forma parte de diversas neurotoxinas con las que la evolución ha equipado a varias especies para su defensa, como los escorpiones, las abejas y la serpiente conocida como mamba negra (*Dendroaspis polylepis*), endémica del sureste de África.

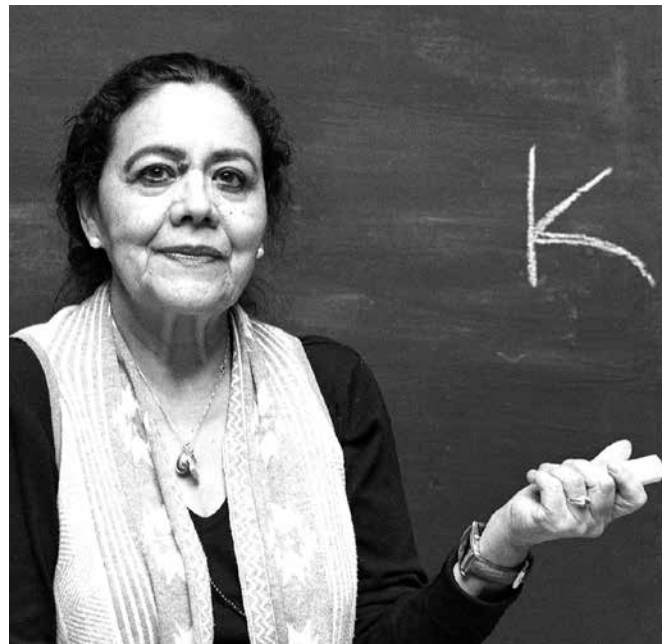
El potasio forma compuestos de enorme importancia para las sociedades humanas. Tal es el caso del cloruro de potasio, que se emplea en fertilizantes, como sustituto de la sal de mesa y en la producción de diversas sustancias químicas. El hidróxido de potasio sirve a la industria de los jabones y los detergentes, y en la limpieza de drenajes. El carbonato

K

SÍMBOLO

19

NÚMERO ATÓMICO



NUNIK SAURET

de potasio, conocido como ceniza de perlas, es un producto secundario en la extracción de amoníaco y se emplea para fabricar cierto tipo de vidrio, así como algunos jabones. Dado que el superóxido de potasio es capaz de generar oxígeno a partir de agua y dióxido de carbono, se usa en equipos de respiración. Otro compuesto común es el nitrato de potasio, que sirve en fertilizantes, cerillos y, en general, para su uso en pirotecnia.



Nunik Sauret **Potasio**
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Rubidio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Como todos los metales alcalinos, el rubidio es colérico, “de cuerpo rabioso e indomable” (César Moro); existe con “los nervios” de punta. Suave y brillante, permanece fluido a temperatura normal y, sin embargo, vacila, pues cualquier perturbación —entrar en contacto con el agua, por ejemplo— lo inflama.

Fue descubierto en 1861 por Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen, quienes perfeccionaron el espectroscopio que había inventado casi 50 años antes Joseph von Fraunhofer, con el cual pudo conocer las líneas de emisión del Sol. Bunsen y Kirchhoff trataron leptodita de Sajonia con cloruro de platino. En las líneas espectrales del precipitado que obtuvieron sólo encontraron las correspondientes al potasio. Sin embargo, al lavar el precipitado varias veces, descubrieron, con su novedoso artefacto, dos líneas rojas más allá de la línea alfa del potasio. Una de ellas, de sorprendente rojo intenso, oscuro, los llevó a usar un nombre que evocara la palabra latina que designa el rojo carmesí, *rubidius*. Necesitaron alrededor de 150 kilos de leptodita para obtener unos veinte gramos de rubidio, apenas lo suficiente para estudiar cabalmente sus propiedades.

Resulta muy difícil obtenerlo en forma pura, debido a que casi siempre se encuentra en “piedras delirantes” (José Gorostiza) junto al cesio o algún otro metal alcalino, y en esa familia todos se parecen mucho. Es capaz de formar aleaciones con el mercurio, conocidas como amalgamas, al igual que con el oro.

A diferencia de sus vecinos en la tabla (litio, sodio, potasio, cesio y francio), no parece desempeñar ningún papel en el metabolismo de organismos superiores, si bien tampoco es tóxico, incluso ingiriendo dosis altas. Isótopos del rubidio se emplean en tomografías por emisión de positrones, pues son eficaces en la localización de tumores cancerígenos y reconocimiento minucioso de zonas como el miocardio. Isótopos radiactivos del rubidio y del estroncio se utilizan para fechar rocas, minerales y meteoritos.

Rb

SÍMBOLO

37

NÚMERO ATÓMICO



MARÍA JOSÉ ROMERO

Se ha calculado que el isótopo ⁸⁷rubidio es inestable y tiene una vida media de 50 000 millones de años. Se transforma (decae) en ⁸⁷estroncio, el cual es estable. La fecha se determina proporcionalmente, observando el decaimiento de ⁸⁷estroncio a ⁸⁶estroncio. Según investigaciones recientes, es factible introducir rubidio en moléculas de carbono 60, cuya configuración asemeja balones de fútbol, y recomponer la disposición de los átomos en una nueva estructura cristalina con propiedades insospechadas, por ejemplo, aislantes, superconductoras, metálicas, magnéticas. Aun cuando se emplean átomos de cesio para definir con los segundos en relojes atómicos, con frecuencia se sustituyen con átomos de rubidio a causa de su precio menos oneroso. Esta clase de relojes son parte del equipo básico de satélites y futuras naves espaciales. Asimismo, son indispensables en sistemas de guía mediante láseres, los cuales exigen máxima precisión.



María José Romero **Rubidio**

acrílico y carbón/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Cesio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El cesio pertenece a los metales alcalinos. Es el elemento más pesado de este grupo, a excepción del francio, el miembro radiactivo de esta familia. El isótopo de cesio más común es el ¹³³cesio, metal de color plata-dorado, inodoro e insípido. Es tan blando que podríamos cortar un bloque de cesio metálico con un cuchillo sin mucho esfuerzo. Por fortuna, no lo encontramos en el ambiente en su forma pura, pues se distingue por su temperamento explosivo, en particular ante la presencia de agua y del oxígeno ambiental.

Fue descubierto en 1860 por Robert Wilhelm Bunson y Gustav Kirchhoff, mientras analizaban minerales en el agua mediante un espectroscopio. Observaron que las líneas espectrales emitidas tenían un color celeste, similar al color del cielo. De ahí su nombre, proveniente del latín *caesius*, “celeste”.

No es muy abundante en la corteza terrestre, pero lo podemos encontrar en rocas y en el polvo en forma de sales u óxidos del metal. El granito contiene cesio aproximadamente en una parte por millón; en el caso de los sedimentos rocosos se puede encontrar hasta cuatro partes por millón de los diferentes compuestos de cesio. La fuente comercial de cesio es un mineral conocido como polucita, el cual contiene de 5 a 40 % de óxido de cesio.

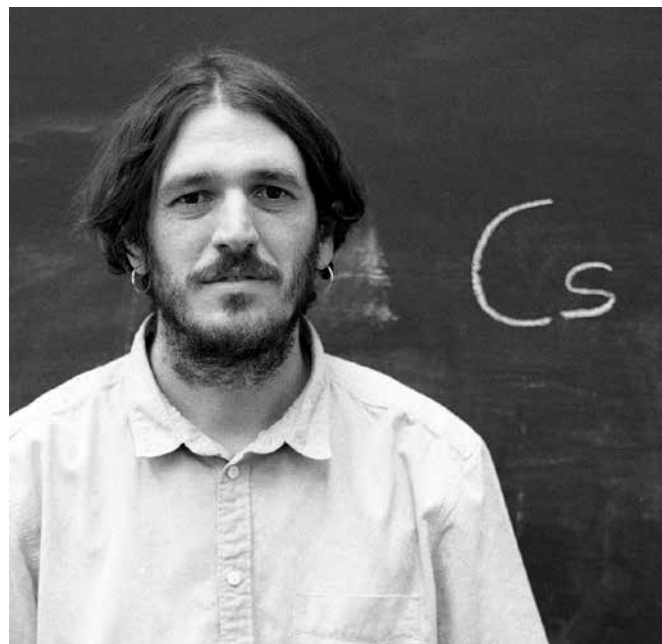
Gracias a su facilidad para captar oxígeno, se utiliza para remover impurezas gaseosas asociadas al oxígeno de tubos al vacío. Se usa también como revestimiento de los filamentos hechos con tungsteno (wolframio) y en tubos de rayos catódicos; también en celdas fotoeléctricas y en detectores infrarrojos, gracias a su fácil ionización ante la luz. Lo encontramos en las baterías alcalinas para bajas temperaturas, en los bulbos de los radios, en aparatos ópticos y espectrográficos, en sistemas de propulsión, contadores de centelleo y relojes atómicos. A nivel industrial es común encontrarlo en materiales que se encargan de capturar el dióxido de carbono emanado por chimeneas.

Cs

SÍMBOLO

55

NÚMERO ATÓMICO



EMILIO CHAPELA

En medicina es útil en la irradiación de tumores cancerosos. Algunas sales actúan como agentes antitrauma después de la administración de medicamentos compuestos por arsénico. El isótopo del ¹³⁷cesio está sustituyendo al ⁶⁰cobalto, otro isótopo utilizado para el tratamiento del cáncer.

Las formas radiactivas del cesio se producen por la descomposición del uranio de las barras de combustible durante la operación de una planta nuclear. En el ambiente se puede encontrar tanto su forma estable como radiactiva. Sabemos que puede viajar grandes distancias a través del aire, mientras que sus sales, disueltas en agua, pueden filtrarse en el suelo. En general, las cantidades de cesio en agua y comida están asociadas a la actividad de las plantas nucleares, principalmente por accidentes como el de la ciudad ucraniana de Chernóbil, en 1986.

UN SEGUNDO CORRESPONDE A NUEVE MIL CIENTO NOVENTA Y DOS MILLONES SEISCIENTOS TREINTA Y UN MIL SETECIENTOS SETENTA VIBRACIONES ATÓMICAS EN UN RELOJ DE CESIO. ESTE RELOJ, EL MÁS PRECISO HASTA AHORA, SE ATRASA O ADELANTA UN SEGUNDO CADA MIL CUATROSCIENTOS MILLONES DE AÑOS

Emilio Chapela **Cesio**

acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019



Francio

NOMBRE

Líquido

ESTADO FÍSICO

El francio es un metal alcalino radiactivo, pesado e inestable, cuya existencia, en el caso de su isótopo longevo, no supera los 22 minutos. Luego del astato —el elemento más escaso en la superficie terrestre—, el francio sigue en la lista, pues hasta ahora no se han obtenido ni siquiera 30 gramos de él. Su punto de fusión es apenas de 27 °C. Si se pudiera acumular suficiente francio en una habitación a dicha temperatura, adquiriría forma líquida.

El francio fue descubierto en 1939 por Marguerite Perey en el Instituto que Marie y Pierre Curie fundaron en París, luego de haber aportado tanto al conocimiento de la naturaleza íntima de la materia luminosa que puebla el Universo. Fue el tercer elemento hallado por una mujer, ya que Marie Curie había detectado, a principios del siglo, junto con Pierre, el radio y el polonio.

Hacia 1935, Marguerite leyó un reporte de la investigación que un grupo de científicos estadounidenses había realizado con actinio. Ahí hacían notar que las partículas betas emitidas por dicho elemento eran más energéticas de lo ordinario. Marguerite decidió llevar a cabo sus propios experimentos. Consiguió obtener una muestra sumamente pura de actinio, en particular estudió la transformación (decaimiento) radiactiva del isótopo $^{227}\text{actinio}$. Cuatro años más tarde, en 1939, su meticulosidad y paciencia le permitieron observar que cerca del 1 % de la radiactividad emanada no contenía partículas beta, sino alfa. Pudo constatar que desde el propio núcleo del isótopo surgía un núcleo de helio (partícula alfa). El producto era, ni más ni menos, que un invitado más a la tabla.

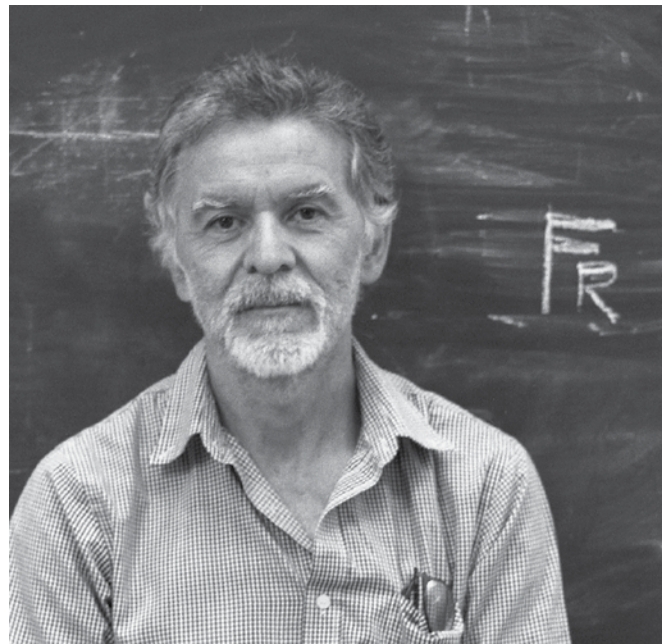
Quienes han podido observarlo saben que sus propiedades químicas lo harían semejante al cesio. Se trata del elemento menos electronegativo, por lo que, entre los metales alcalinos, es el que reaccionaría con mayor facilidad. Al entrar en contacto con el agua, su respuesta sería aún más violenta que la del mismo cesio y mucho más que la del sodio.

Fr

SÍMBOLO

87

NÚMERO ATÓMICO



CARLOS MARÍN

Desde luego, esto no ha podido comprobarse debido a que el francio se crea en cantidades ínfimas en aceleradores de partículas. Por la misma razón, no existen aplicaciones comerciales, sólo algunas investigaciones en la física de altas energías que explora la estructura interna de los átomos. Así se conocen una docena de isótopos. Destacan dos: el $^{223}\text{francio}$, por su “larga” vida —alrededor de 22 minutos—. Puede emitir un núcleo de helio (partícula alfa) y entonces se transforma (decae) en astato ($^{219}\text{astato}$), o bien puede despedir una partícula beta para volverse radio ($^{223}\text{radio}$). Es oportuno aclarar que una partícula beta es aquel electrón expulsado del núcleo cuando un neutrón se convierte en un protón. El otro isótopo es el $^{216}\text{francio}$, el más efímero, con una vida media de 0.7 microsegundos. Puede emitir una partícula alfa que se transforma en astato ($^{212}\text{astato}$), o despedir un positrón que decae en radón ($^{216}\text{radón}$).



Carlos Marín **Francio**

tinta con óxido de hierro y óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Berilio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El berilio es un metal muy frágil que, a temperatura ambiente, adquiere un aspecto acerado, grisáceo. Es la más ligera de las tierras alcalinas. Sus propiedades químicas son similares a las del aluminio. No se encuentra libre en la naturaleza; más bien es parte de diversos minerales, como el berilo y las esmeraldas. De hecho, hoy sabemos que estas últimas gemas son una variedad verde de berilio. Se encuentra ampliamente distribuido en la superficie terrestre. Hasta 1957 se le llamó glucinio, del griego *glykys*, dulzón.

Sus sales son tóxicas y cancerígenas. Desde 1940 se supo que la beriliosis, o enfermedad del berilio, tiene su origen en un silicato, ingrediente en la producción de cerillos. Dicho silicato es la willemita de berilio. También se halla en combustibles fósiles, de manera que al quemar carbón y petróleo se despiden partículas de berilio que circulan por el aire y se asientan en los mares. La zanahoria y algunas variedades de maíz pueden contener niveles altos de berilio, si bien es desechado rápidamente por el organismo, por lo que no representa ningún riesgo a la salud.

Posee uno de los puntos de fusión más altos entre los metales ligeros. Es más elástico que el acero. Resiste la presencia del ácido nítrico concentrado, su conductividad térmica es ideal y no tiene propiedades magnéticas. No se oxida por completo ante la presencia de aire, sólo se forma una delgada capa de óxido que permite usarlo para raspar vidrio.

Fue descubierto en 1798 por Louis Nicolas Vauquelin, pero pudo ser aislado como metal aparte hasta 1828, gracias a Friedrich Wöhler y Antoine A. B. Bussy, quienes se sirvieron de potasio a fin de reducir el compuesto cloruro de berilio y obtener el elemento. Se le encuentra en minerales como la bertrandita, el berilo, el crisoberilo, la phenakita y una veintena más. El aguamarina, la alejandrita y la esmeralda son gemas de estos minerales. Hoy se extraen grandes cantidades de berilio y bertrandita, a partir de los cuales se produce berilio mediante la reducción de su fluoruro con magnesio metálico.

Be

SÍMBOLO

4

NÚMERO ATÓMICO



KNUT PANI

Sus propiedades conductoras y anticorrosivas lo convierten en un importante factor para crear aleaciones, en particular con el cobre, ya que se endurece con eficacia. Es de gran utilidad para fabricar resortes, resistencias, electrodos de soldadura, contactos eléctricos. Es muy apreciado en la industria satelital, en la construcción de frenos de aviones ultra veloces, así como en naves espaciales. Las aleaciones con aluminio son buenos sustratos ópticos para fabricar sistemas de visión nocturna. Dado que es transparente a los rayos X, se pueden formar delgadas láminas de berilio que se usan en los relativamente nuevos procesos de fabricación de microestructuras nanométricas, la llamada litografía de rayos X. Asimismo, se usa en la fabricación de giroscopios, instrumentos cuyas piezas exigen rigidez y, al mismo tiempo, ligereza y capacidad de mantener la estabilidad en el espacio. Los teléfonos celulares y las computadoras suelen contener berilio.



Knut Pani **Berilio**

óleo, barniz, tetraclorocuprato de sodio y acetato/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Magnesio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal muy ligero, de apariencia plata blanquecina, el magnesio constituye alrededor del 2 % de la corteza terrestre. Es el octavo elemento más abundante en el Universo, el séptimo en el planeta, pero no se encuentra en forma libre. Entre los metales estructurales ocupa el tercer sitio, detrás del aluminio y el hierro, mientras que en la solución acuosa que llena océanos y mares es el tercero.

En 1755, Joseph Black estaba convencido de su existencia, pero no fue sino hasta 1808 que Humphry Davy consiguió aislarlo mediante electrólisis de una mezcla de óxido de magnesio y óxido de mercurio. Es muy activo, tanto así que es capaz de tomar el lugar del hidrógeno en agua hirviendo. De hecho, diversos metales pueden obtenerse con magnesio a partir de la reducción térmica de sus sales y procesos de oxidación. Cuando arde, despiden una luz blanca muy brillante, por lo que se le usa en bengalas, antorchas y bulbos de fotografía.

El óxido de magnesio, conocido como magnesia (como la antigua prefectura griega de la que toma nombre), es el segundo compuesto que abunda en nuestro planeta y se le emplea en la preparación de algunos antiácidos estomacales, para refinar ciertos metales, así como en la mezcla de algunos cementos. En la actualidad se extrae de yacimientos donde se encuentran minerales como magnesita, dolomita y carnalita, si bien la fuente primaria es el mar. El sulfato de magnesio hidratado fue descubierto por accidente en una granja del poblado británico de Epsom, cuyo propietario notó que su ganado vacuno rechazaba el agua extraída de un pozo local. También observó que aliviaba raspones y sarpullidos en la piel. Hoy siguen empleándose sales de Epsom para curar lastimaduras cutáneas menores.

Sabemos que la carencia de potasio provoca calambres en los músculos. Sin embargo, también la falta de magnesio puede acarrear esta clase de padecimientos; incluso, una ausencia notable podría ocasionar un incidente cardiovascular y hasta la muerte. Hay quienes le atribuyen propiedades

Mg
SÍMBOLO

12
NÚMERO ATÓMICO



LORENA CAMARENA

extraordinarias al cloruro de magnesio, buena parte proveniente de salmueras. En la novela breve *Avatar* (1856), de Théophile Gautier, un médico que vivió en la India bajo la tutela de monjes brahmanes es capaz de transmigrar el alma de un cuerpo a otro mediante una máquina animada por magnesio. Su importancia no se limita al reino animal; también participa en la fotosíntesis, ya que las moléculas de clorofila contienen magnesio.

Forma estructuras metálicas resistentes, si bien se inflama a temperaturas relativamente bajas. Por ello se agrega al aluminio, aleación que hace más fácil extruir, enrollar y soldar este último elemento a fin de fabricar, sobre todo, latas de bebidas, aunque también partes estructurales de automóviles. Una fórmula hecha de ácido cítrico y carbonato de magnesio, bajo el nombre de citrato de magnesio, es un popular complemento alimenticio.



Lorena Camarena **Magnesio**
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Calcio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El calcio es uno de los cinco elementos más abundantes del planeta, aunque no se le encuentra libre, pues tiende a formar compuestos con el oxígeno y el agua. También es el metal con mayor presencia en muchos organismos, incluidos los seres humanos. Se ha calculado que ocupa entre 3.64 y 4.2 % de la corteza terrestre, la mitad de lo que contiene nuestra Luna. Durante siglos se ha empleado óxido de calcio — comúnmente llamado cal— para fabricar yeso y argamasa. Antoine Lavoisier lo clasificó como “tierra”, ya que parecía imposible reducirlo, pero no se dejó engañar e intuyó que se trataba del óxido de un elemento por descubrir.

Se trata, pues, de una tierra blanda, metálica, alcalina, de tonos grises blanquecinos a plateados, que Humphry Davy aisló por primera vez en 1808 mediante la electrólisis de una mezcla de cal y óxido de mercurio. Lo que obtuvo fue una amalgama de calcio y mercurio, sustancia que no era suficiente prueba para demostrar la existencia del desconocido. Aumentó la cantidad de cal y procedió a destilar la amalgama resultante. Finalmente consiguió separar el calcio del mercurio. Por eso se le nombró *calcium*, derivado de la palabra *calx*, que en latín significa, precisamente, cal. Ahora se obtiene al sustituir átomos de calcio por aluminio en contenedores muy calientes, de baja presión.

La calcita es el mineral más común, constituido por carbonato de calcio y apreciado por sus colores lechosos, salpicados de naranja pálido y, sobre todo, por la variedad de formas y tonalidades que adquieren sus cristales. Mármol, dolomita, perlas y conchas marinas, huesos de mamíferos, corales, estalagmitas, estalactitas, algunos silicatos, todas son versiones de “un constante perecer enérgico de las piedras delirantes” (José Gorostiza).

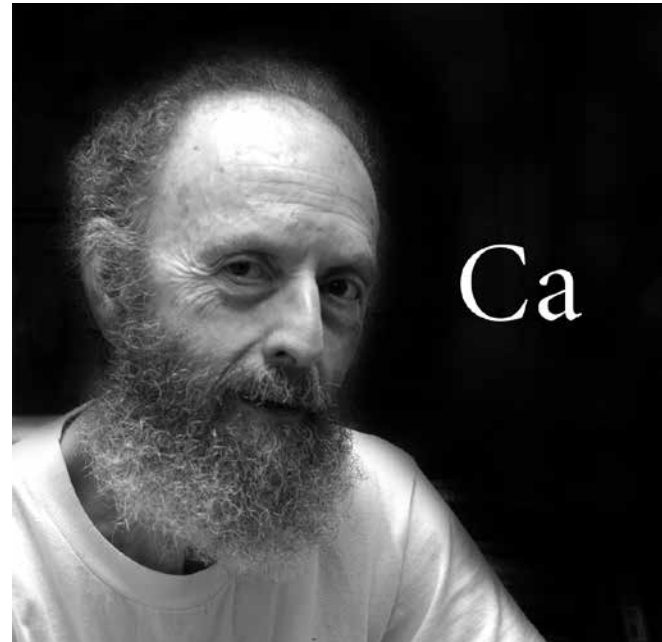
Numerosos depósitos de carbonatos y fosfatos son restos de especies que habitaron el planeta. El sulfato de calcio hidratado —conocido como yeso de alabastro, para diferenciarlo del alabastro oriental— hecho de carbonato de calcio,

Ca

SÍMBOLO

20

NÚMERO ATÓMICO



ALBERTO DARZSON

ha acompañado las culturas humanas durante siglos. La producción industrial de carbonato de calcio sintético, muy puro, es de gran utilidad como antiácido y como suplemento alimenticio; en forma de polvo se usa para cocinar, entre otras aplicaciones.

Dado que el hidróxido de calcio tiene la capacidad de delatar la presencia de moléculas de bióxido de carbono, incluso de absorberlas, los químicos lo utilizan en laboratorio.

El calcio es casi omnisciente, pues lo mismo se emplea como agente reductor para extraer uranio, zirconio y torio, que interviene en la producción de quesos. La leche se coagula debido a la presencia de iones de calcio. El gas acetileno, esencial para realizar soldaduras, es carburo de calcio, y muchas albercas se desinfectan con hipoclorito de calcio. Día a día cargamos con una reserva importante de calcio en nuestro sistema óseo y dentadura.



Alberto Darzson **Calcio**

lápiz, plumón y tinta/papel/madera, 60 × 60 cm, 2019

Estroncio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Suave, de color plateado, el estroncio existe en grandes cantidades sobre la superficie del planeta, notablemente en las rocas ígneas. Sólo catorce elementos son más cuantiosos. Su forma natural es una mezcla de cuatro isótopos estables: ⁸⁴estroncio, ⁸⁶estroncio, ⁸⁷estroncio y ⁸⁸estroncio. Por lo común, se encuentra dentro de minerales como la celestita y la estroncianita. De hecho, de aquí proviene su nombre, pues estas piedras se localizan en Estroncia, en las Tierras Altas de Escocia. La celestita se encuentra en países como China, España, México, Argentina y Marruecos.

El estroncio fue descubierto hacia 1787, cuando una peculiar piedra fue encontrada en una mina de plomo, en Estroncia, y llevada a Edimburgo para su análisis. Allí, mientras algunos pensaron que se trataba de un compuesto de bario, Adair Crawford estuvo seguro de que se trataba de un nuevo elemento. Varios lo intentaron, pero no fue sino hasta 1808 cuando Humphry Davy logró aislarlo con su batería de pilas, preparadas para desatar una eficaz electrólisis.

Se sabe que iones de estroncio ingresan en los nutrientes que comenos y en el agua que bebemos. Y, puesto que son similares al calcio, suelen unirse a las partes del cuerpo sensibles a este último elemento. Por eso a veces aparece en nuestra dentadura y huesos, así como en conchas de mar. Quienes estudian los niveles de isótopos de estroncio en huesos humanos pueden conocer cómo era la dieta de nuestros antepasados remotos. De igual manera, pueden fechar la edad de fósiles marinos, pues el rastro del estroncio simulando ser calcio permanece ahí durante millones de años.

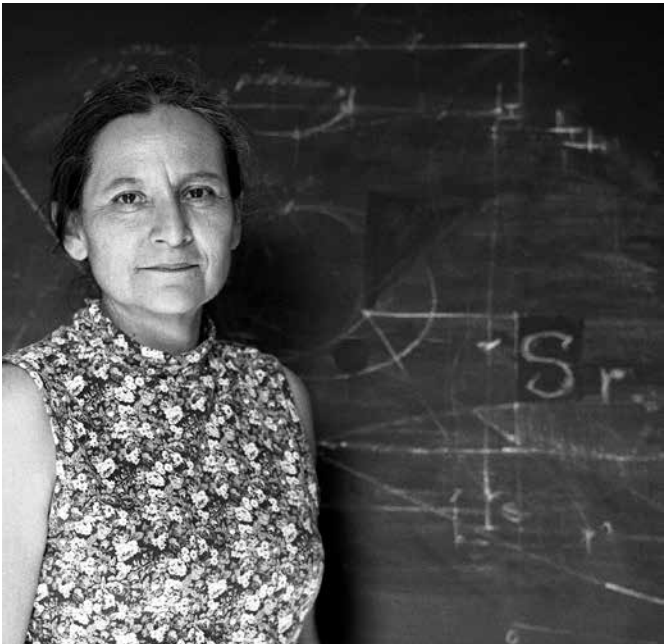
Al igual que los metales alcalinos, el estroncio reacciona de manera violenta al contacto con el aire y el agua. En el primer caso genera una flama brillante, roja. En el segundo, libera hidrógeno y forma hidróxido de estroncio, un gas sumamente irritante. En proporciones adecuadas, estas sales se usan con objeto de estabilizar las mezclas de los fuegos artificiales.

Sr

SÍMBOLO

38

NÚMERO ATÓMICO



FLOR MINOR

Poco antes de la Primera Guerra Mundial se comenzó a emplear hidróxido de estroncio a escala industrial (más de 100 000 toneladas anuales) con el fin de coadyuvar en el proceso de cristalización de azúcar de betabel. Hasta antes de la invención de las pantallas planas digitales, los televisores a color se fabricaban con tubos de rayos catódicos. Sin embargo, estos dispositivos emiten rayos X, dañinos para el espectador, por lo que se revestía la pantalla de estroncio, el cual evitaba que dichos rayos invadieran a quienes estaban enfrente. Los isótopos estables no son dañinos, pero el ⁹⁰estroncio, creado artificialmente, es radiactivo y es parte de la amenaza nuclear. El reloj atómico más preciso construido, cuyo retardo es de un segundo en 200 millones de años, contiene átomos de estroncio.



Flor Minor **Estroncio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Bario

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal relativamente denso y alcalino, entre plateado y blan-cuzco, el bario no puede encontrarse libre en la naturaleza. Su nombre proviene del vocablo griego *barys*, que significa pesado, pues fue descubierto en el mineral conocido como barita (sulfato de bario). Debido a que su configuración pre-senta dos electrones en la capa más externa, los pierde con facilidad, o bien se oxida sin mayor problema. Existen noticias del zapatero de oficio y alquimista de vocación italiano del si-glo xvii Vincenzo Casciarolo, quien en su bitácora acerca del extraño comportamiento de unos guijarros anotó que, luego de haberlos expuesto a calor, despedían un resplandor rojizo intenso. Quedó atónito cuando, al exponer este material que-mado al sol, seguía brillando en la oscuridad al cabo de horas. Incluso llegó a pensar que estaba frente a la piedra filosofal pero, como todos, nunca consiguió transmutarla en oro. Lo que en realidad contenían estos guijarros era mineral impuro de sulfato de bario. Luego de calentarlos, obtuvo sulfuro de bario impuro. Las llamó “piedrecillas de Boloña”, su ciudad natal.

En el siglo posterior se encontraron dos compuestos: Carl Wilhem Scheele descubrió el óxido de bario, al que llamó *terra ponderosa* (tierra pesada), y William Whitering, el carbo-nato del mismo elemento. Sin embargo, no fue aislado sino hasta 1808, cuando el campeón de la tabla, Humphry Davy, lo consiguió mediante electrólisis en su laboratorio de la Royal Institution, aún ubicado en la calle de Albemarle, Londres. En la actualidad también se separa reduciendo el óxido de ba-rio con aluminio o silicio a elevadas temperaturas y vacío de baja presión.

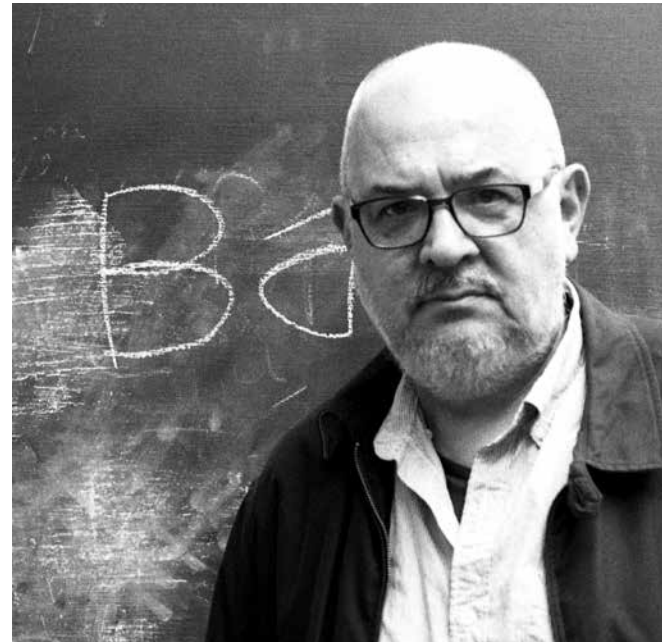
Dado que es un elemento muy reactivo, no es posible en-contrarlo en forma pura en la naturaleza, sólo en compues-tos. Su versatilidad le permite formar, sobre todo, sulfatos y carbonatos, aunque también genera hidróxidos, cloruros, nitratos, cloratos, así como diversos iones negativos. Así, po-demos encontrarlo en una amplia, a veces insospechada,

Ba

SÍMBOLO

56

NÚMERO ATÓMICO



JOSÉ CASTRO LEÑERO

variedad de productos, como en venenos para roedores, co-mo agente pesado en los aceites que se utilizan durante la extracción de petróleo, o en la vizualización de órganos in-testinales mediante rayos X. Si bien en su forma elemental no tiene muchos usos prácticos, su fuerte atracción con el oxígeno lo convierte en un útil recolector de residuos reman-entes de aire en tubos que deben alcanzar un vacío casi perfecto.

Es uno de los elementos presentes en nuestro cuerpo, da-do que lo contienen muchos alimentos que consumimos de manera cotidiana. Lo tenemos, por ejemplo, en zanahorias, cebollas, lechugas, frijoles y algunos cereales. El nivel de ba-rio en los dientes puede ser un indicativo para saber en qué momento un bebé está listo para comenzar a ingerir alimen-tos sólidos.



José Castro Leñero **Bario**

acrílico y lápiz de color/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019



Radio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El radio es un metal blanquecino plateado, radiactivo; es el más pesado de los alcalino-terrosos. Cuando entra en contacto con el aire se vuelve negro. No se presenta naturalmente en forma libre, si bien pueden hallarse trazas en mineral de uranio, particularmente en la pechblenda. De hecho, podría decirse que el radio es sólo un estado transitorio, intermedio entre el camino que recorre el uranio en su decaimiento hasta convertirse en plomo. Su nombre deriva de la palabra latina *radium*, que significa “rayo”, ya que puede emitir hasta tres millones de veces más radiación que el uranio. Se sabe que existen diversos isótopos, aunque debido a que la mayoría de ellos decae con sorprendente rapidez, no se conoce cuán abundante son en la corteza terrestre. El isótopo de radio que perdura más, ²²⁶radio, tiene una vida media 1 062 días.

Fue encontrado por Marie y Pierre Curie en 1898, asistidos por Gustav Bémont. El matrimonio Curie acababa de encontrar el polonio, también aconsejados por Bémont, en una muestra de pechblenda extraída de la mina Joachimsthal, localizada en territorio polaco, en aquel entonces parte del imperio austro-húngaro. Dicho elemento lo encontraron en la fracción del bismuto.

Consiguieron otra muestra del mineral uránico y se enfrascaron en una larga y laboriosa tarea de separar el uranio. Entonces notaron que en la fracción química que correspondía a las sales de cloruro de bario aún había una fuerte emisión radiactiva, provocada por el inquilino que vendría a ocupar el casillero 88 en la tabla. En julio de 1902, Marie Curie determinó por primera vez la masa atómica del nuevo elemento, con una muestra de 0.129 gramos de cloruro de radio y bario, el cual contenía, aproximadamente, una parte de radio por cada mil de bario. También, por vez primera, se obtuvo una cantidad suficiente como para mirarla a simple vista. A Marie Curie se le otorgó el Premio Nobel en Física y Química por sus aportaciones en ambas ramas del conocimiento.

Ra

SÍMBOLO

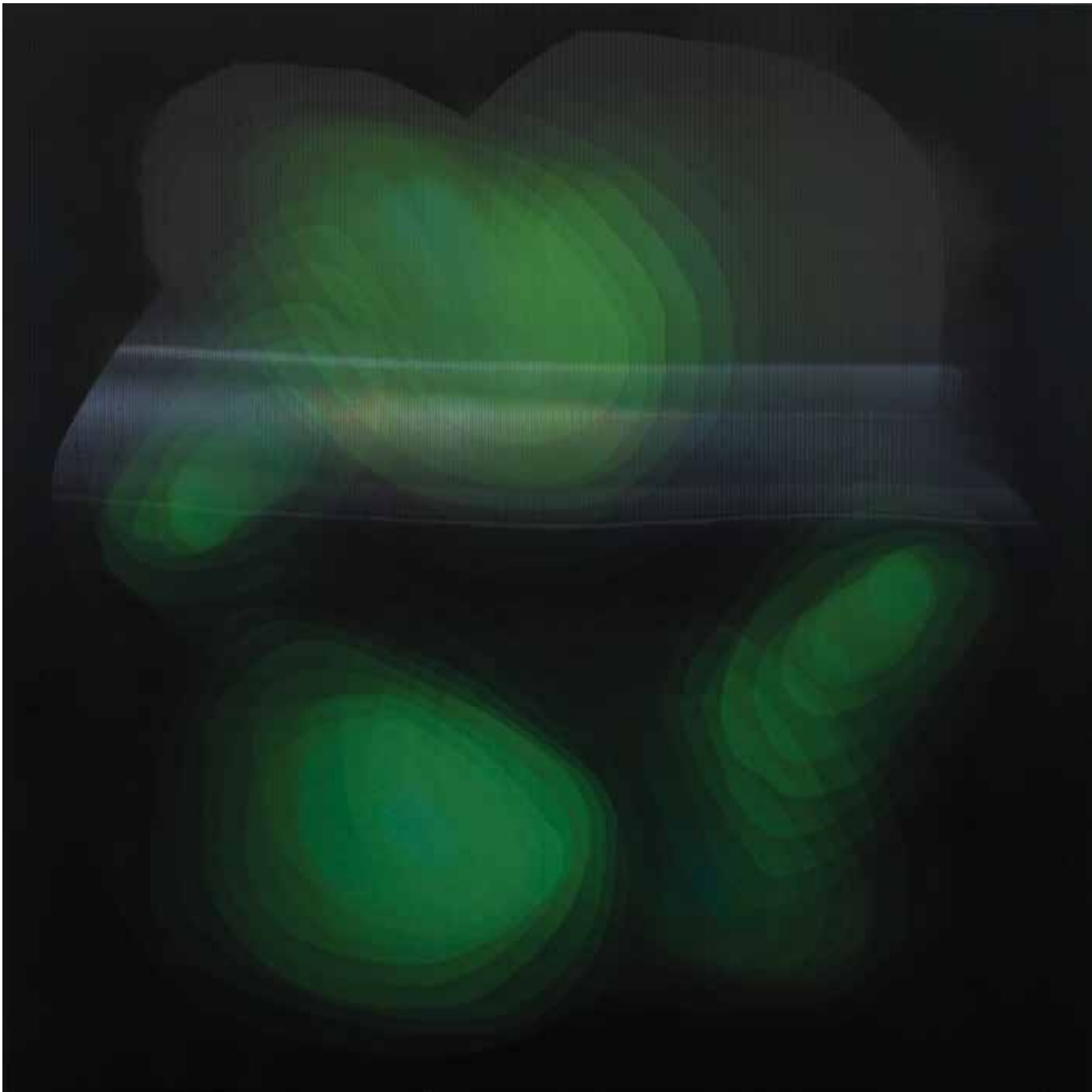
88

NÚMERO ATÓMICO



PILAR GOUTAS

Antes de que se supiera de su extrema peligrosidad, el radio se usaba en relojes de pulsera para iluminar los números y las manecillas, así como en pasta de dientes. De hecho, algunos trabajadores murieron por su repetida exposición al elemento. Incluso se le atribuían propiedades curativas. Hoy sabemos que emite partículas alfa (dos protones y un par de neutrones enlazados), beta (electrones de alta energía o positrones) y gamma (la longitud de onda más energética que puede alcanzar la luz). Por otra parte, existen discretas cantidades de radio en el ambiente dado que se produce de forma natural y no hay pruebas de que de esta manera ocasione daño a los organismos vivos. El isótopo ²²³radio se emplea para fabricar gas radón con fines terapéuticos, incluidos ciertos tipos de cáncer. Su adecuada utilización hace que la antigua idea sobre sus probables propiedades curativas se haga realidad en forma de radioterapias y medicina nuclear.



Pilar Goutas **Radio**

impresión lenticular de 50 grados, efecto flip flop, 83 % cobertura Pantone/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Escandio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Como un hombre sin atributos, el escandio es útil pero no extraordinario. A pesar de encontrarse ampliamente diseminado en más de 800 minerales, no es abundante. Por el contrario, el único isótopo que ha sido hallado en forma natural es el ⁴⁵escandio, en cantidades muy pequeñas. Los demás se obtienen mediante reacciones nucleares cuando se refina uranio. Si bien apenas lo encontramos en nuestro planeta, existe con cierta abundancia en la Luna y el Sol. Para darnos una idea de su escasez, se producen no más de diez kilogramos de escandio puro al año.

Su importancia en la industria es tan insignificante que, si desapareciera, no pasaría nada. Pero su fama proviene de su relación con el padre de la tabla periódica de los elementos químicos, el ruso Dmitri Mendeléyev, quien en su genial predicción del rompecabezas que era la química a fines del siglo XIX propuso la existencia de un elemento hasta entonces desconocido, al que llamó ekaboro. Diez años después, en 1879, el sueco Lars Fredrik Nilson lo descubrió en la euxenita y la gadolinita, dos minerales escandinavos, luego de un paciente y elaborado proceso de purificación. Obtuvo dos gramos del óxido de este nuevo elemento y, a partir de ellos, descubrió las propiedades inherentes de lo que conocemos ahora como escandio, derivado del nombre latino *scandia*.

Al igual que muchos metales, se oxida fácilmente, por lo que no se le puede apreciar en su forma pura excepto si se le aísla de manera artificial. Es el primero de los “raros”, pues comparte con las tierras raras algunas propiedades. En realidad encabeza los metales de transición. Además de encontrarse en la euxenita y la gadolinita, puede extraerse también de la thortveitita, silicato de tonos grisáceo-verdosos o bien totalmente negros, a veces gris puro, propio de formaciones graníticas, en particular, de la pegmatita. Además está presente en algunos minerales de estaño, wolframio y tierras raras.

Es útil para pulir cristales y en la producción de catalizadores, por lo que su reducida producción ha aumentado en

Sc

SÍMBOLO

21

NÚMERO ATÓMICO



CARLOS JAURENA

las últimas décadas. Incluso se ha logrado imitar su estructura molecular con el propósito de obtener numerosos compuestos sintéticos. Su color es plateado-blanquecino, de consistencia suave y de peso ligero, no obstante muy resistente, por lo que algunas aeronaves soviéticas de combate modelo Mig fueron construidas con una aleación de escandio y aluminio, dado que durante la Guerra fría, la Unión Soviética acumuló cantidades notables de este elemento al procesar uranio destinado a su programa nuclear. También se le utiliza para fabricar cuadros de bicicletas y bates de béisbol. Un compuesto de escandio y yodo se agrega a las lámparas de vapor de mercurio que se emplean en películas y televisión a fin de intensificar su potencia luminosa y hacer que su emisión se parezca a los rayos del Sol.



Carlos Jaurena **Escandio**
acrílico/tela, 60 × 60 cm, 2019

Titanio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El titanio es un metal resistente a la corrosión, fuerte y al mismo tiempo ligero. Su nombre evoca las hazañas de los míticos titanes, quienes junto con las titánides dominaron la Tierra antes de la aparición de los dioses habitantes del Olimpo. Su dureza es comparable a la del acero, pero es casi la mitad de ligero. Se ha calculado que si colocamos una muestra en el mar durante cuatro mil años, la corrosión no alcanzaría más que el grosor de una hoja de papel. Esta capa de óxido impide nuevas reacciones con otros elementos y contiene su ulterior degradación. Casi todas las rocas ígneas —aquellas que se formaron luego de la solidificación de minerales fundidos— contienen titanio. Su abundancia en la superficie del planeta es relativamente alta, por lo que ocupa el noveno lugar entre los metales.

En 1791, William Gregor —un geólogo aficionado— descubrió durante sus pesquisas en el lecho de un arroyo, al sur del poblado de Manaccan, Cornwall, una arenisca negra, metálica. Al analizarla, encontró que se trataba de una mezcla de magnetita —esto es, óxido de hierro— y un elemento desconocido. Gregor nombró a dicho mineral *manaccanite* (ilmenita negra). En 1795, Martin Heinrich Klaproth descubrió de nuevo su presencia en un mineral procedente de Hungría y lo llamó titanio. Sin embargo, fue hasta 1910 cuando el experto en metalurgia Matthew Albert Hunter, en Shenectady, Nueva York, consiguió aislarlo con una pureza razonable.

Puesto que se trata de un metal de transición, es capaz de formar enlaces usando los electrones dispuestos en más de una de sus capas. El oro, el cobre y el mercurio presentan la misma propiedad. El dióxido de titanio, por ejemplo, se encuentra en los ámbitos más inesperados del mundo tecnologizado: desde celdas solares a sensores biocompatibles, protectores contra los rayos del sol, fármacos, pastas de dientes y aditivos en alimentos, ya sea para hacerlos más blancos u opacos, en glaseados, goma de mascar, malvaviscos, entre otros.

Ti

SÍMBOLO

22

NÚMERO ATÓMICO



PALOMA TORRES

También se usa en partes de aviones, y la Estación Espacial Internacional contiene diversos artefactos de titanio. Un proyecto de dicha estación consiste en someter un trozo de titanio al ambiente del espacio con objeto de saber qué efectos tiene a mediano plazo.

Investigaciones recientes buscan integrar dióxido de titanio a los chips de computadoras, de manera que se puedan crear sensores inteligentes. Los implantes de titanio son muy apreciados no sólo porque sustituyen y estabilizan huesos rotos, sino porque, en pequeña escala, ayudan a aliviar algunas formas de sordera. Se ha desarrollado una espuma de poliuretano saturada con polvo de titanio, la cual puede ser eficaz auxiliar en determinados implantes óseos. De hecho, el hueso puede crecer dentro del titanio.



Paloma Torres *Titanio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Vanadio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El vanadio es maleable, dúctil, muy resistente a la corrosión, por lo cual es apreciado en la industria manufacturera. Cuando se oxida adquiere diversas tonalidades, que van del púrpura al verde, al azul y al amarillo. Fuera de la Tierra viaja en algunos meteoritos. No es fácil encontrarlo en forma libre, aunque sí en varias decenas de minerales, entre ellos la magnetita, la carnotita, la patronita y la vanadinita. Este último “plomo marrón”—llamado así porque se halla en yacimientos de plomo— fue descubierto en 1801, en Zimapán, México, por el geólogo Andrés Manuel del Río, quien pensó que pancromio era un nombre adecuado por las tonalidades rojas, anaranjadas y pardas en las que se presentaba, además de su consistencia resinosa y adamantina. Pero como al calentarlo se tornaba rojo, decidió llamarlo eritronio, del griego *eruthros*. Del Río no estaba seguro de que fuera un nuevo elemento; segundas opiniones le aseguraron que, en realidad, era un compuesto de cromo.

En 1830, el químico Nils Sefström lo encontró de nuevo, esta vez en un mineral de fierro. Debido a su belleza policromática decidió asociarlo al nombre de la diosa Vanadis, quien en la mitología nórdica representa, precisamente, la belleza. Ese mismo año, Friedrich Wöhler retomó la investigación de Manuel del Río, examinó una muestra similar del primer “plomo marrón” y determinó que se trataba del mismo elemento encontrado por Sefström en el segundo mineral. En 1867, Henry Enfield Roscoe pudo aislarlo a partir de una combinación de tricloruro de vanadio e hidrógeno en fase gaseosa.

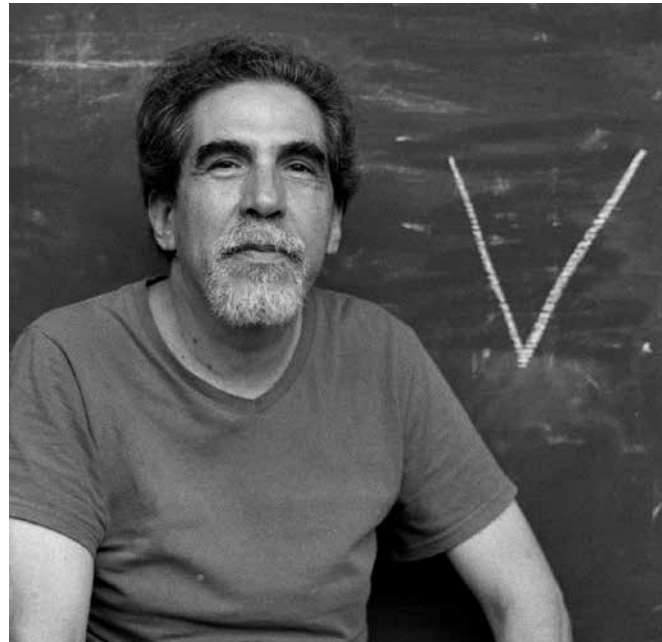
El vanadio se combina con el acero a fin de mantener su dureza a temperaturas muy altas. Se utiliza en la fabricación de herramientas que deben girar y soportar mucho roce, por lo general en una aleación con fierro, llamada ferrovanadio. Desde el siglo III a.n.e. se forjaban espadas con “acero de Damasco”, tan filosas que, se dice, podían demediar un solo cabello. Durante siglos se extravió debido a que no se hallaron nuevos depósitos, como los que se explotaron en el sur de la India en aquel entonces. Reapareció durante la Primera

V

SÍMBOLO

23

NÚMERO ATÓMICO

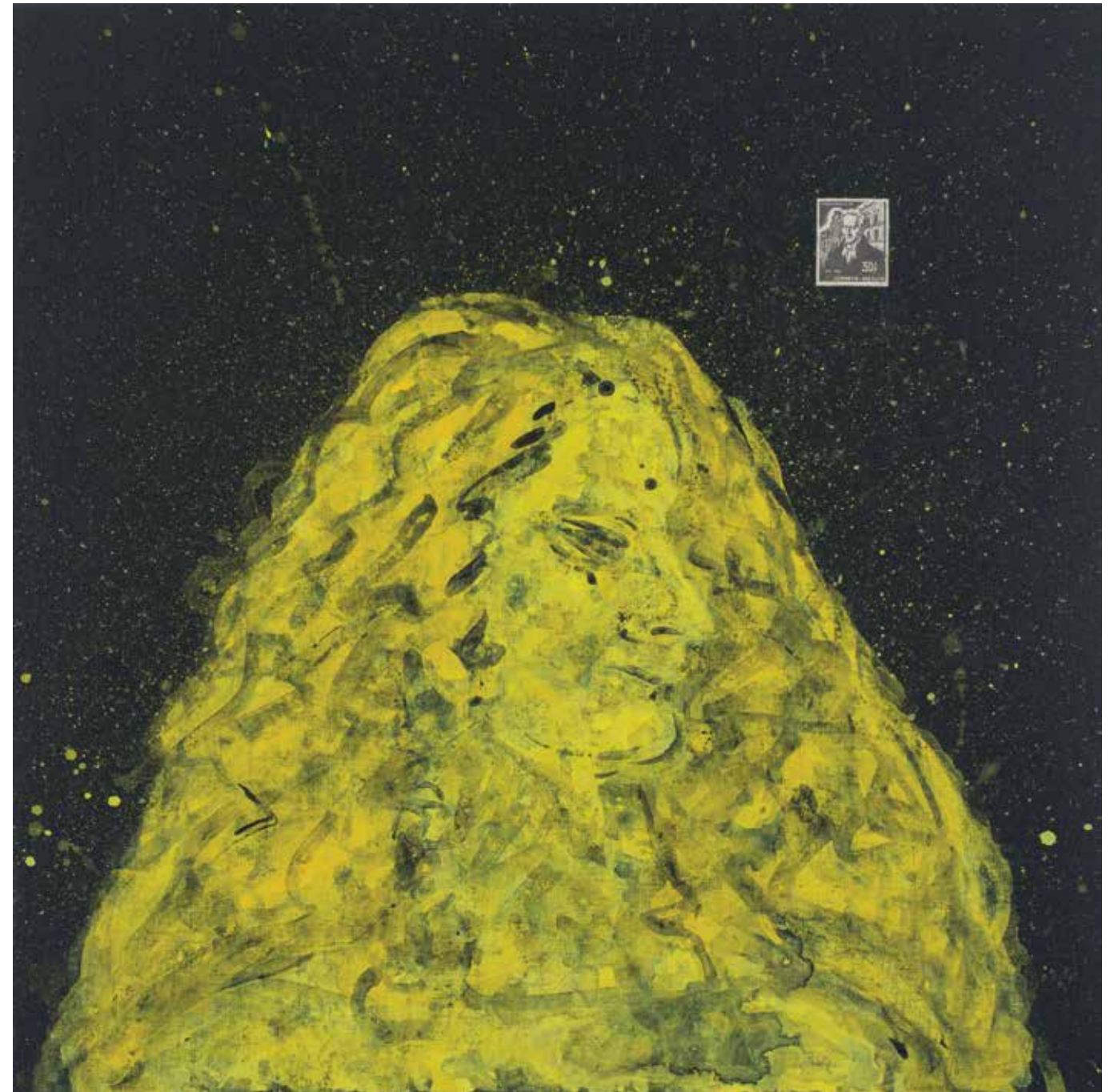


OCTAVIO MOCTEZUMA

Guerra Mundial para equipar a las tropas con artillería portátil y armaduras.

Debido a la facilidad con que cede y toma electrones de valencia (situados en la capa exterior del átomo), sabemos que una pila de flujo con este elemento es estable, tanto que podría recargarse miles de veces sin perder potencia. Además en herramientas de trabajo pesado, se emplea en la construcción de reactores nucleares, ya que absorbe muy pocos neutrones y, por tanto, aquellos resultan más seguros. Con una aleación de vanadio, titanio y aluminio se construyen motores de aviones jet y naves de alta velocidad.

Algunos estudios en seres humanos sugieren que el vanadio podría disminuir los niveles de azúcar en la sangre y aumentar la capacidad de producción insulínica en pacientes con diabetes tipo 2, así como combatir lipoproteínas de baja densidad, como el colesterol y los triglicéridos.



Octavio Moctezuma **Vanadio**

sello postal de Andrés Manuel del Río; acrílico (amarillo vanadio claro, amarillo vanadio oscuro y gris de payne de Schmincke)/lino/madera; imagen basada en una ilustración de John Bauer, 60 × 60 cm, 2019

Cromo

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

No fue coincidencia que Louis Nicholas Vauquelin bautizara a este metal inspirado en la palabra *chroma*, que significa “color” en griego. El lugar 24 de la tabla periódica tiene un repertorio colorido sorprendente: sus sales cautivan con diferentes tonos de rojo, verde, violeta, amarillo, anaranjado, azul e incluso negro. Sus tintes policroman y alegran la tierra: el corindón es un mineral incoloro de óxido de aluminio, pero en presencia de impurezas de cromo se convierte en rubí o en zafiro rosado. El descolorido berilio salpicado de cromo se vuelve esmeralda. No es, por lo tanto, sorprendente encontrarlo en pigmentos como el verde viridiana y el amarillo de cromo. Su variedad cromática se debe en parte a que puede tener diferentes estados de oxidación, así como a su capacidad para combinarse con otras especies químicas en variadas geometrías moleculares.

Sus transformaciones cautivaron a Alfred Werner, quien en 1913 fue galardonado con el premio Nobel por haber escrito la apertura de un nuevo capítulo de la química inorgánica basándose en el estudio de las sales de cromo y de cobalto, estimulado por la acrimoniosa competencia de su brillante pero desacreditado rival Sophus Mads Jørgensen. Werner desarrolló la compleja teoría que centra a los metales de transición, como el cromo, en estructuras geométricas nunca antes soñadas. El esfuerzo coordinado de sus seguidores ha hecho de este campo un catalizador para el desarrollo de la química, intercambiando soluciones y ligando así las bases de la pirámide del conocimiento.

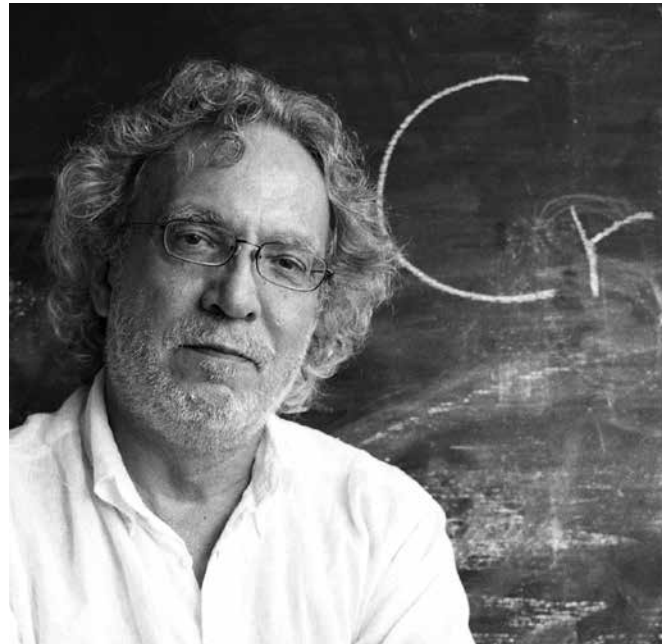
El dicromato de potasio, de un intenso color naranja, es uno de los oxidantes cruciales en el laboratorio: tanto para transformar alcoholes en cetonas como para dejar el material de vidrio pulcro. No siempre encontramos el cromo en alguna de sus facetas coloridas. Una de sus aplicaciones más conocidas es la aleación para hacer acero inoxidable. Lo hallamos también en los acabados cromados, es decir, un delgado recubrimiento de cromo que provee brillo y resistencia

Cr

SÍMBOLO

24

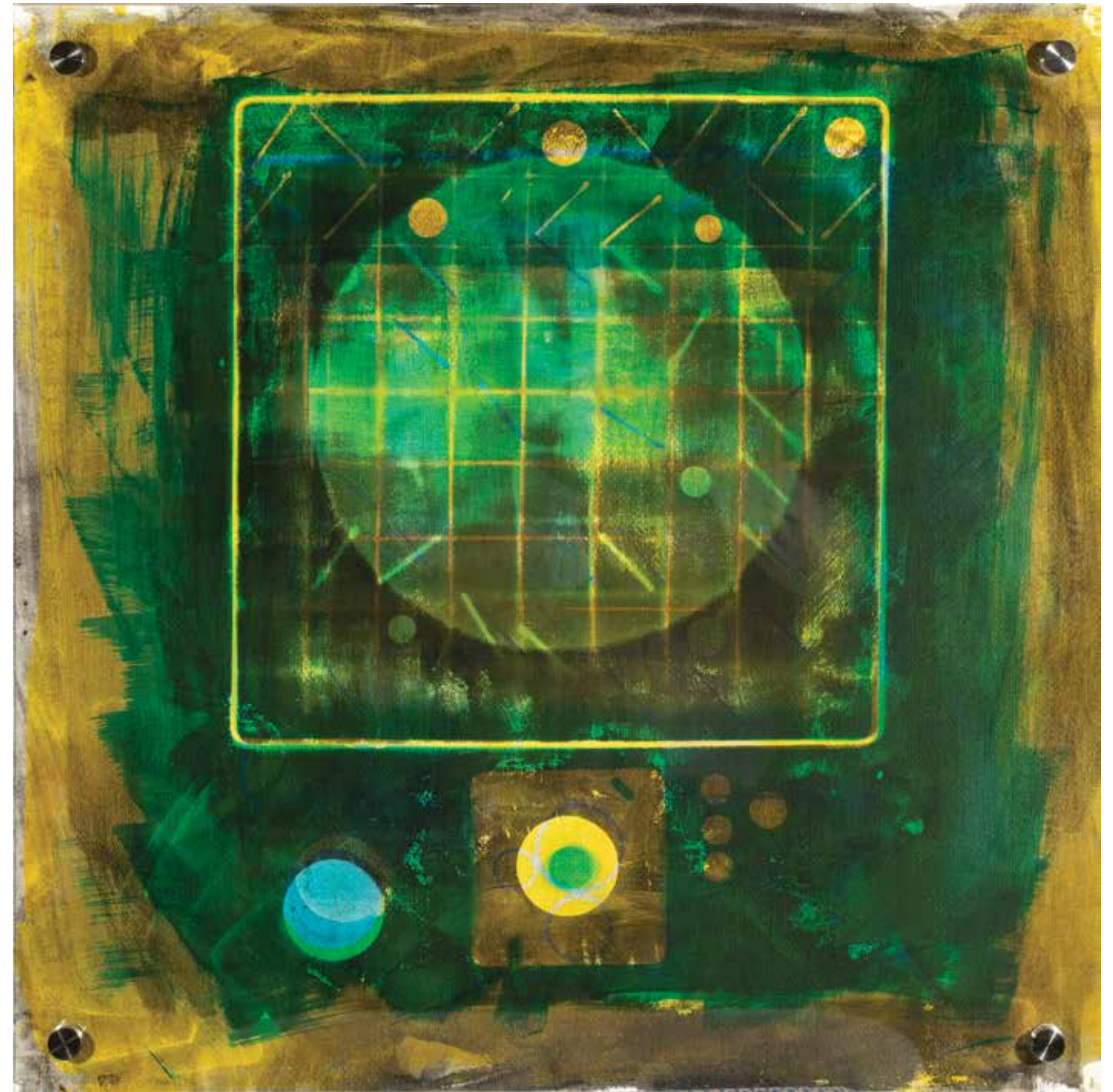
NÚMERO ATÓMICO



JAVIER HINOJOSA

a la oxidación. Esta propiedad se debe a que el cromo forma una delgada y densa capa de óxido al contacto con el aire, y esta capa actúa como barrera protectora que impide continúe corroyéndose, incluso en presencia de ácido. Algunas de sus sales presentan ferromagnetismo, por lo que todavía lo podemos encontrar en las anacrónicas cintas magnéticas de los casetes.

Los caprichosos cambios de color del cromo aún crean asombro entre los estudiosos de la química, un increíble contraste de tonalidad en un mundo monocromático, e invitan al escrutinio estructural de sus compuestos. El placer de su estudio es contagioso: los matices que detallan sólidamente su danza de electrones degeneran fácilmente en amor platónico.



Javier Hinojosa **Cromo**

goma bicromatada, acuarela, goma arábica y dicromato de amonio/madera, 60 × 60 cm, 2019

Manganeso

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal de transición con tonalidades grisáceas, plateadas, blanquecinas, el manganeso es muy duro y, al mismo tiempo, quebradizo. Como tal, es maleable, dúctil, y buen conductor de electricidad y calor. No podemos hallarlo en forma libre pero sí en numerosos minerales, por lo que se trata de uno de los elementos más comunes en la superficie del planeta. Los artistas que hace unos 30 000 años pintaron en cuevas de la actual Francia usaron un mineral negro. Ahora sabemos que se trata de pirolusita o dióxido de manganeso. Plinio el Viejo describe cómo, en el siglo I, se empleaba en la fabricación de vidrio y cerámica.

Hacia 1740, Johann Heinrich Pott notó que la pirolusita no contenía fierro, como se creía hasta ese momento, sino que se trataba de un nuevo elemento terroso, metálico. Treinta años después, Ignatius Gottfried Kaim logró aislarlo, si bien con muchas impurezas. En 1774, Carl Wilhelm Scheele y su asistente, Johan Gottlieb Gahn, lograron obtener un trozo de metal blanco, brillante y duro. En la actualidad, el manganeso es crucial en la industria metalúrgica del acero, pero casi no se usa en forma pura. Se oxida en el agua, se disuelve en ácidos diluidos y se enciende ante el oxígeno. Es esencial en el proceso de fotosíntesis, así como en el resto de las especies vivas.

También desempeña una función preponderante en el metabolismo humano. Dado que no pueden almacenarse los diez a veinte miligramos que por lo común un cuerpo tiene de manganeso, es necesario reemplazarlo de forma continua ingiriendo alimentos que lo contienen, como espinaca, nueces, aceite de oliva, arroz y diversos granos, entre otros.

Un exceso de este elemento puede provocar severos daños neuronales, como la enfermedad de Parkinson, debilidad muscular, insomnio. Su carencia ocasiona diabetes, intolerancia a la glucosa, incluso desórdenes en el sistema esquelético. Se emplea para producir oxígeno y en tratamientos de osteoporosis, artritis, síndrome premenstrual, diabetes y epilepsia.

Mn

SÍMBOLO

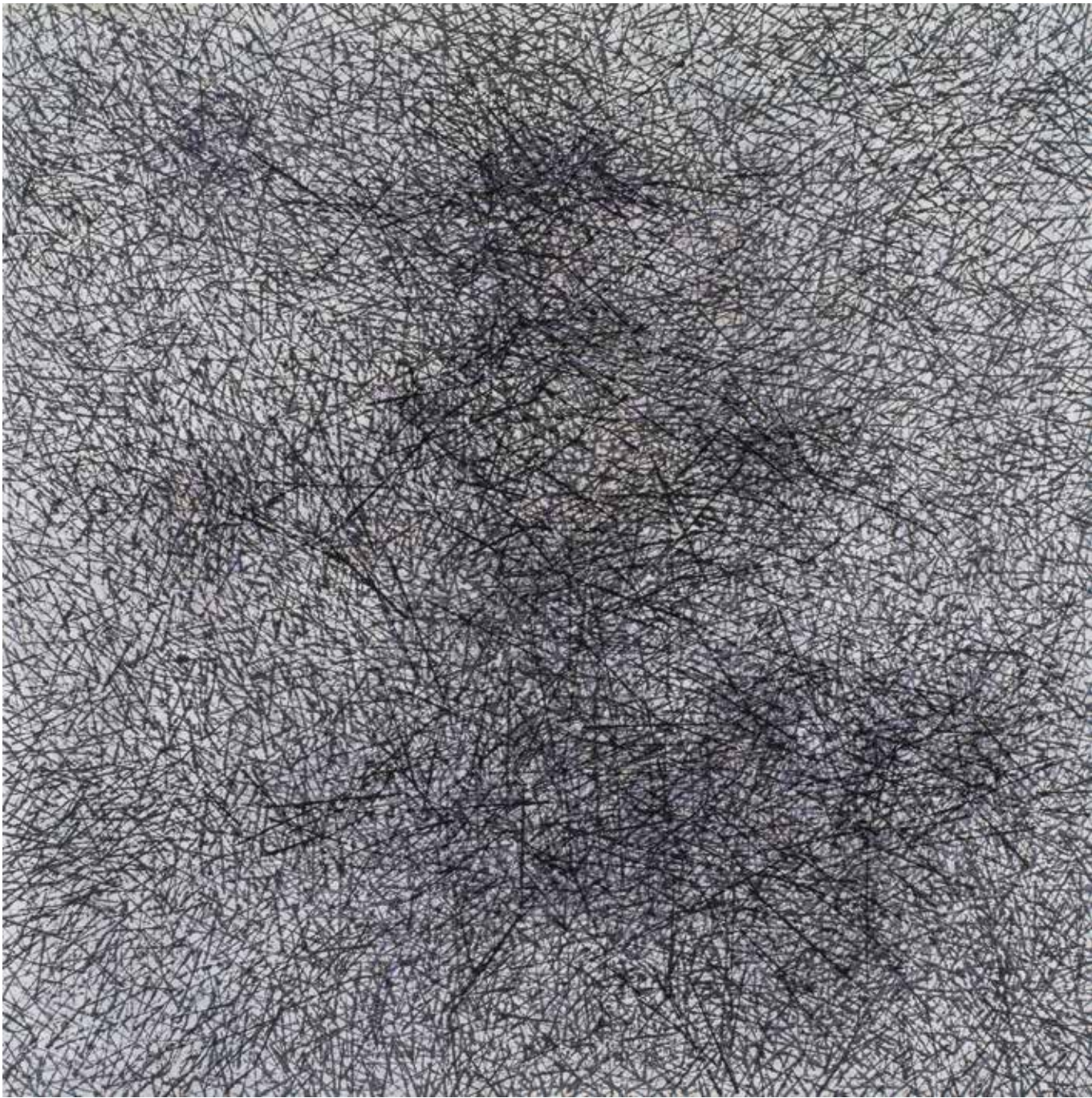
25

NÚMERO ATÓMICO



GABRIELA GUTIÉRREZ

Algunas sales tienen valor comercial, como el sulfato de manganeso, que se usa para estimular el crecimiento de cultivos, en particular de cítricos. El permanganato de potasio es un eficaz desinfectante, purifica el agua y es antiséptico.



Gabriela Gutiérrez **Manganeso**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Hierro

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El centro de la Tierra es una bola ardiente de hierro fundido, y su movimiento genera el campo magnético que permea al planeta. Como la Tierra, nosotros también tenemos un corazón férreo, pues es el hierro el responsable del color rojo de la sangre, y su presencia en la hemoglobina permite transportar el oxígeno en nuestro sistema circulatorio. Su ubicuidad se explica en los astros, pues es el último suspiro de fusión en las estrellas antes de estallar en supernovas. Raras veces se encuentra en su forma pura, únicamente extraído de meteoritas, pero se halla de forma abundante como óxidos y otros minerales, entre ellos, la hematita, la piedra de sangre.

El acero —la aleación de hierro y carbón— ha sido un aliado que ha galvanizado los avances de la historia de la humanidad. La siderurgia surgió desde hace cuatro mil años, y su dominio transmutó la Edad de Bronce en la Edad del Hierro. Desde entonces a la fecha, la industria metalúrgica ha sido fundamental. Fundir metal permite moldear edificaciones y construir todo tipo de maquinaria, gracias a su maleabilidad y resistencia.

El hierro no sólo ha sido útil para demarcar eras históricas. Además de guiarnos en el tiempo, nos ha dado un sitio en el espacio. Las agujas imantadas de hierro apuntan al norte magnético y se han utilizado como instrumentos de navegación desde la Edad Media. Las primeras brújulas se inventaron en Oriente hace casi dos mil años y no se usaban para situarse, sino para orientar la vida con geomancia y adivinación. Se ha hipotetizado que un artefacto olmeca de hematita descubierto en Veracruz pudo haber sido utilizado por nuestros ancestros como una brújula; de ser cierto, predería al invento de la brújula china por un milenio.

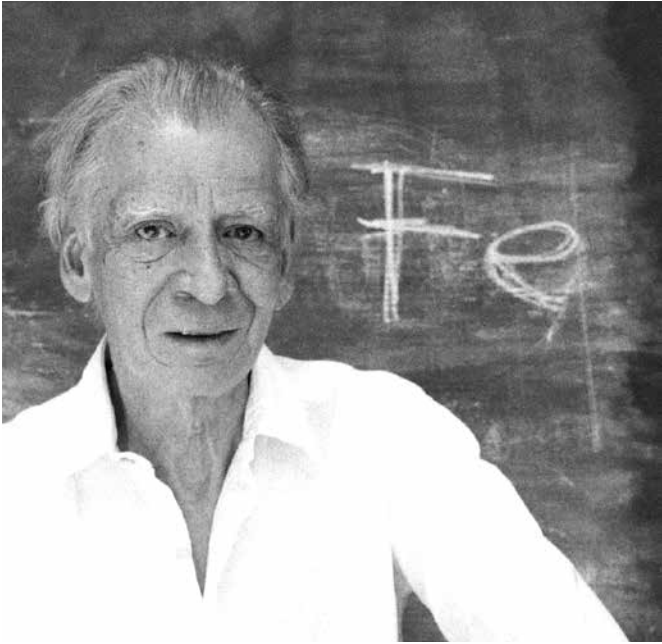
La capacidad de los materiales ferrosos de magnetizarse en forma permanente se llama ferromagnetismo y se debe a que, en su estructura interna, los electrones se alinean apuntando en la misma dirección.

Fe

SÍMBOLO

26

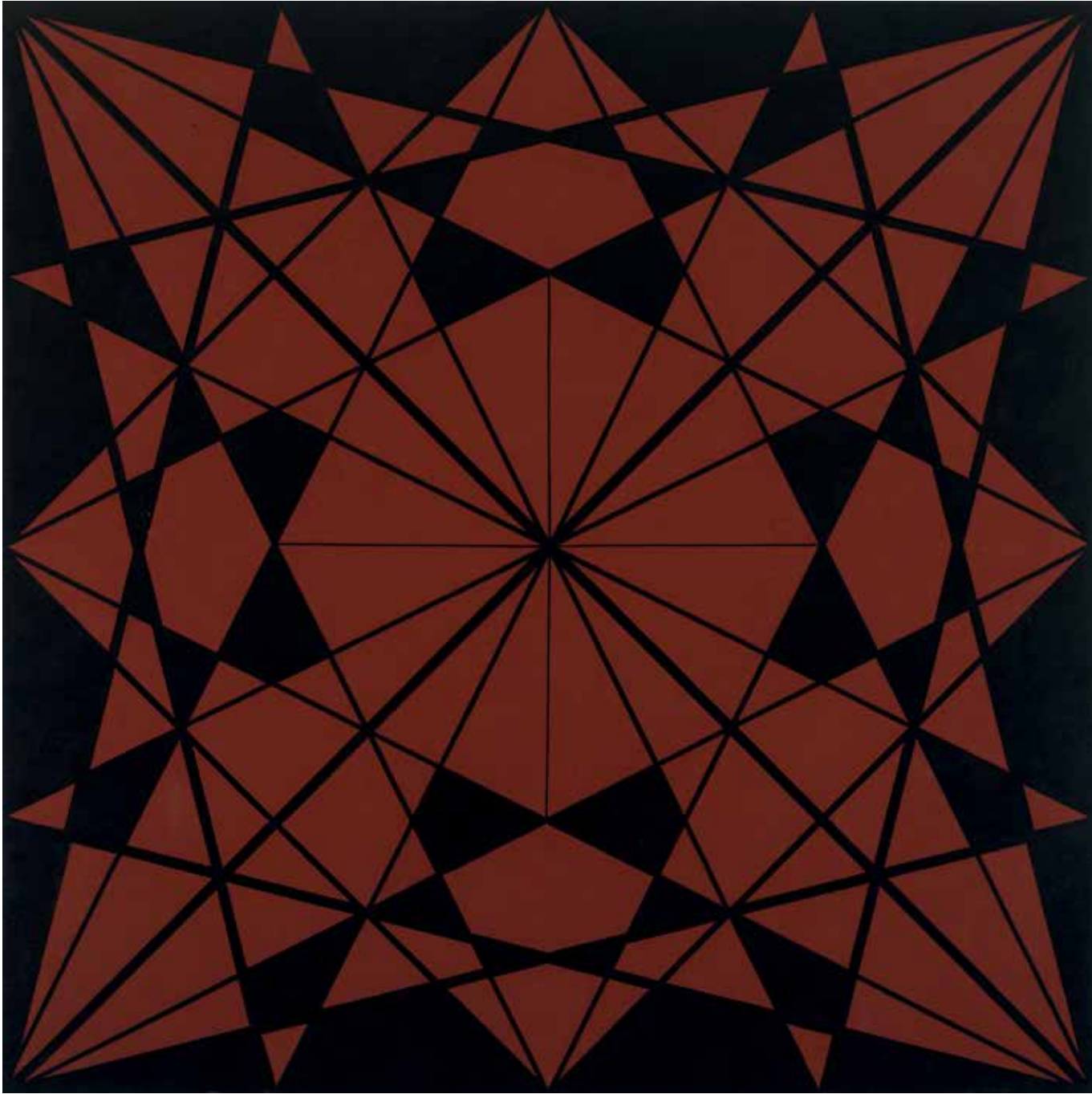
NÚMERO ATÓMICO



GUSTAVO PÉREZ

El hierro es sinónimo de fortaleza y se usa para nombrar tanto a personajes históricos (“la dama de hierro”) como ficticios (“el hombre de acero”). Inspira miedo cuando se gobierna con puño de hierro, y recuerda la metafórica cortina de hierro que dividía al continente europeo.

Su nombre también nos evoca el progreso que vino en ferrocarril, así como el paso del tiempo, inexorable, en la herrumbre que carcome los fierros de las estructuras. Es el metal en el que pensamos cuando pensamos en metal, es la herramienta con la que elaboramos los herrajes, las herraduras y la herrería. Nos aferramos al hierro sin temor a errar, de manera acérrima, para cimentar nuestra civilización y las eras que están por venir.



Gustavo Pérez **Hierro**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Cobalto

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Los mineros sajones que, en la Edad Media, buscaban mina de plata y encontraban en su lugar, decepcionados, mina de cobalto, lo llamaban *Koboldo*, el nombre de un espíritu maligno que habitaba en las cuevas, un “goblin”. Era un mineral embrujado, sin valor, que liberaba gases tóxicos al ser extraído y no se fundía adecuadamente.

El cobalto fue aislado por primera vez en 1735 y reconocido como un elemento en 1780, pero su uso se remonta a la Antigüedad. Es responsable del color azul profundo en vidrios y cerámicas en reliquias de Mesopotamia y en tumbas egipcias. La puerta de Ishtar, una de las impresionantes puertas de la muralla interna de Babilonia, fue construida en 575 a.n.e. por Nabucodonosor II. Hoy en día se puede apreciar en el museo Pergamon, de Berlín, en donde fue cuidadosamente reconstruida utilizando los ladrillos originales. El intenso color azul de los eslabones pareciera lapislázuli, apreciado entre los antiguos, y da la sensación de estar frente a una muralla hecha de piedra semipreciosa. Sin embargo, el color se debe a un astuto vidriado de cobalto que imita la gema y que ha sobrevivido milenios, sin perder ni su color ni su majestuosidad.

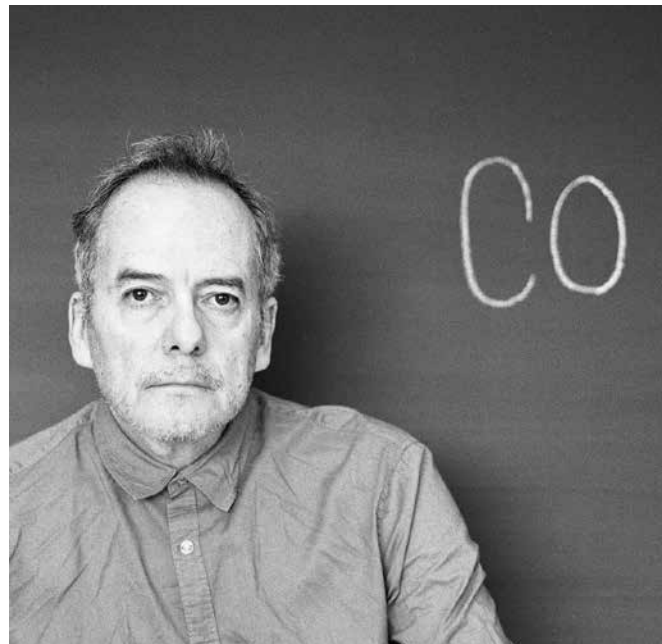
También encontramos ejemplos de uso de cobalto como pigmento en la antigua China. Pero el ejemplo más famoso es la cerámica azul y blanca de la dinastía Ming (1368-1644), que utilizaba esmalte de cobalto para conseguir delicadas decoraciones en platos y jarrones. La belleza de esta técnica se expandió a Oriente medio y a Europa, donde fue famosa en Inglaterra y Holanda, y llegó a México junto con la colonización. Los productores actuales de talavera se precian de hacer sus piezas con el método tradicional, el mismo desde el siglo XVI, que usa azul de cobalto para decorar la cerámica con intrincados patrones geométricos, flores y aves. Los mosaicos y azulejos que adornan las calles de Puebla son un recuerdo de la domesticación de la química del cobalto, que se remonta a las civilizaciones más antiguas.

Co

SÍMBOLO

27

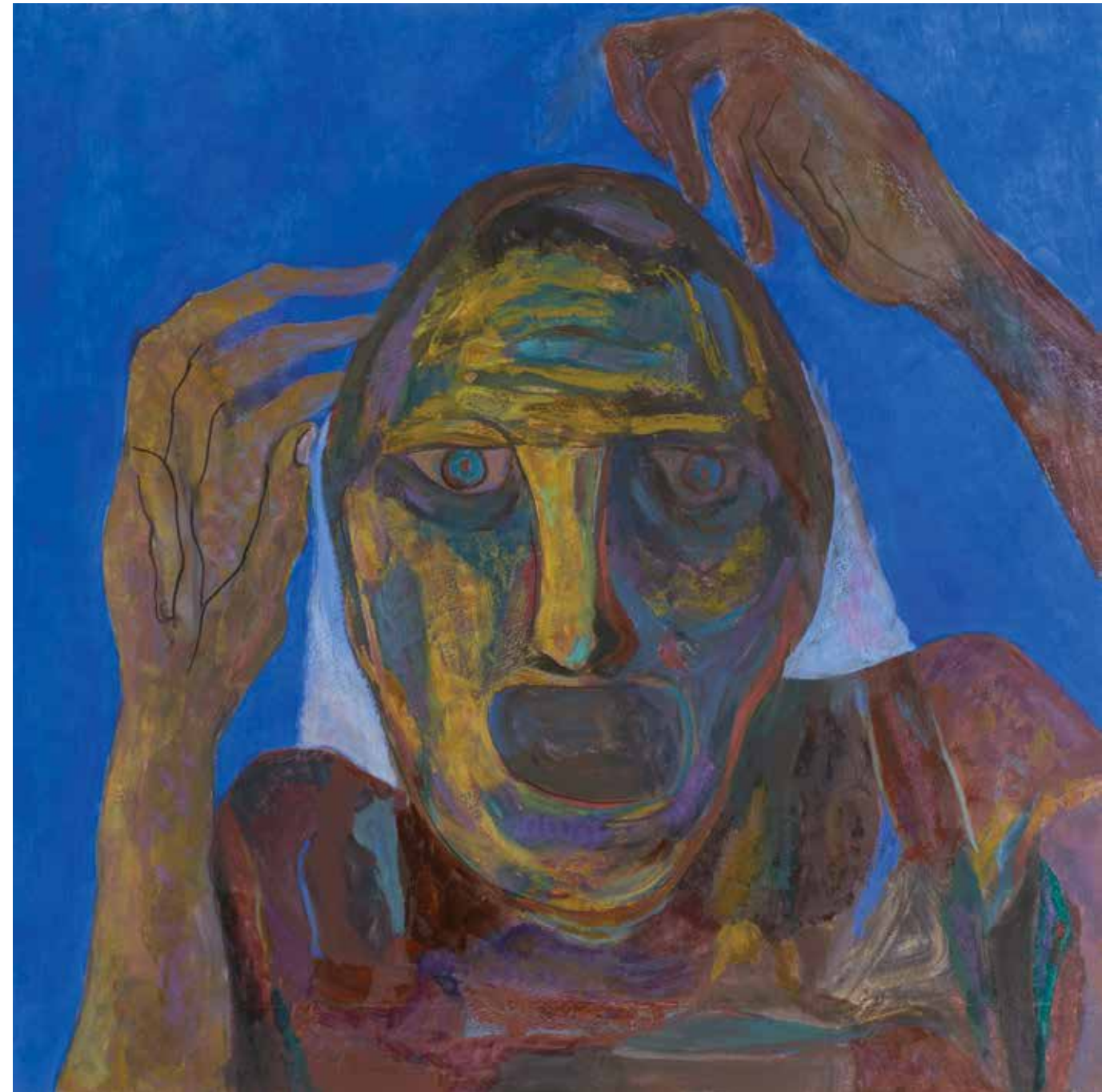
NÚMERO ATÓMICO



ROBERTO PARODI

Se obtiene como un subproducto de la extracción del níquel, y una tercera parte del cobalto extraído se usa en cerámica y pintura. El ⁶⁰cobalto es un isótopo radioactivo que se usa como emisor de rayos gamma; es utilizado en hospitales para esterilizar material médico y para tratar el cáncer con radioterapia. El metal también se emplea en aleaciones metálicas usadas en prótesis médicas, como catalizador químico y en baterías.

Es el átomo central de la vitamina B12, en la que presenta un enlace entre el metal y un átomo de carbono, haciéndolo el único compuesto organometálico que ocurre de forma natural. Elemento traza indispensable para la vida humana, es una prueba de que *Koboldo* no sólo vive en las cuevas, sino en nosotros.



Roberto Parodi **Cobalto**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Níquel

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El níquel es un metal brillante plateado-blanco con un ligero matiz dorado. Fue descubierto en 1751 por Axel Fredrik Cronstedt en un mineral llamado niquelina. Posee un núcleo muy estable, lo que lo convierte en producto final de muchas reacciones nucleares que tienen lugar en las estrellas. En la Tierra se encuentra ampliamente distribuido, si bien la mayor parte es inaccesible, pues se encuentra en el núcleo. El segundo gran depósito es el mar.

Desempeñó un papel muy importante en los procesos bioquímicos primitivos, el cual disminuyó al aumentar la disponibilidad de hierro. Muchas de las transformaciones biológicas que dependen de níquel fueron sustituidas por otras dependientes de hierro. No obstante, se encuentra presente en el metabolismo de muchas especies de arqueas, bacterias y plantas. Para algunas leguminosas es un micronutriente valioso.

En 1912, Paul Sabatier recibió el premio Nobel de Química por encontrar que el níquel pulverizado es capaz de acelerar la reacción de adición de hidrógeno a moléculas orgánicas. Sentó las bases de muchos otros procesos acelerados por metales, y aun hoy tiene múltiples aplicaciones en la industria alimentaria.

Los mineros sajones del siglo XVII sufrían irritaciones y creían que el elemento estaba embrujado. Lo llamaban *kupfernickel*, “el cobre del viejo Nick”, quien no es otro sino el diablo. De ahí su nombre. Siguiendo su tradición de timador, se usa para rebajar la plata en joyería. Las orejas enrojecidas de una dama delatan cantidades inaceptables de níquel en sus aretes. Encontramos el metal endiablado en monedas, esparciendo avaricia y dermatitis. Provoca infecciones, ya que resulta esencial para muchos microorganismos, incluyendo patógenos como *Escherichia coli* y *Helicobacter pylori*.

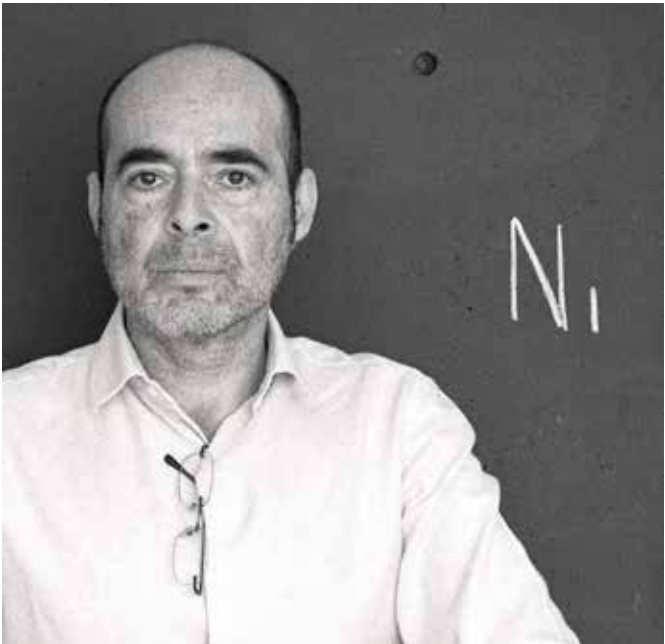
A pesar de su mala fama, forma sales de bellísimos colores, como en el caso de una disolución de sulfato de níquel, un líquido verde agua que se torna azul en presencia de

Ni

SÍMBOLO

28

NÚMERO ATÓMICO



GUILLERMO ARREOLA

amonio, púrpura con etilendiamina y amarillo con cianuro. El color depende de la temperatura. Si la disolución es menor a 53°C los cristales serán de un tono azul verdoso, pero si se calienta más, el tono será verde vibrante.



Guillermo Arreola *Níquel*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Cobre

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

A diferencia de casi todos los metales —excepto el oro— que presentan colores plateados y grisáceos, el cobre es rojizo brillante. Ha acompañado a la humanidad durante al menos 8000 años. La invención del bronce (idealmente, 75 % cobre y 25 % estaño) hace poco más de 4000 años, fue un paso importante en la consolidación de las culturas antiguas, ya que esta aleación resultaba más dura y durable que materiales anteriores, como la piedra y el cobre calcopirítico. Además de resistir la presencia de agentes atmosféricos, de aguas ácidas y alcalinas, presenta un atractivo color amarillo y es capaz de producir sonidos agradables al oído.

Se consigue al mezclar mineral de cobre (calcopirita, malaquita, por ejemplo) y de estaño (casiterita) en un horno avivado con carbón vegetal. Se obtiene así anhídrido carbónico, responsable de reducir dichos minerales a metales, es decir, cobre y estaño, los cuales forman una aleación con un 10% de estaño en peso, elemento que, en la proporción adecuada, otorga la dureza al compuesto sin afectar su ductilidad.

Se piensa que el nombre en latín del cobre, *cuprum*, deriva de la frase *Cyprium aes*, esto es, un metal que proviene de Chipre, ya que durante decenios se extrajo este elemento de minas localizadas en esa isla. Su color rojizo naranja puede adquirir un tono verduzco cuando se oxida por el golpeo constante de agua y aire, que lo hacen perder electrones. Como resultado tenemos un óxido de cobre verde opaco. Por su parte, iones de cobre coordinados con los iones hidróxido y el agua son los que provocan el característico color de la turquesa.

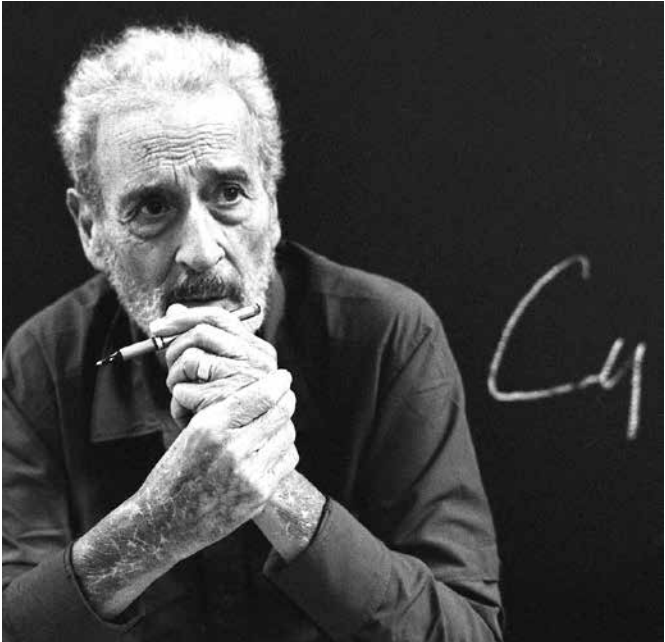
El cobre desempeña un papel clave en la formación de glóbulos rojos y en la síntesis de fosfolípidos, por lo que necesitamos renovar su presencia en forma cotidiana. Para ello contamos con granos, leguminosas, papas, espinacas. Posee la invaluable capacidad de eliminar a nuestros implacables depredadores: bacterias, virus y hongos, por lo que en algunos hospitales se han colocado recubiertas de cobre en puntos

Cu

SÍMBOLO

29

NÚMERO ATÓMICO



VICENTE ROJO

estratégicos para la dispersión infecciosa, como los botones de los elevadores, los picaportes y las orillas de las camas.

El aerogel monolítico es un material poroso, como esponja, ligero pero muy resistente, en el que se emplea oro y plata, si bien se ha experimentado con carbón. Ahora es posible sustituir estos elementos por cobre, con un valor comercial menor.

En 2014, investigadores del Instituto Nacional italiano de Física Nuclear colocaron un metro cúbico de cobre dentro de un novedoso criostato —artefacto capaz de mantener lo que se ponga en su interior a temperaturas muy frías— y lo llevaron casi al cero absoluto. Se trata del trozo de materia más voluminoso que jamás se haya enfriado a seis milikelvins. Este logro despierta las esperanzas de los cazadores de partículas subatómicas, pues quizá sirva como eficaz detector para conocer mejor los neutrinos y atisbar en la enigmática materia oscura.

Vicente Rojo **Cobre**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Zinc

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

No se sabe quién descubrió el zinc, pero hay evidencia de su uso en aleaciones desde las civilizaciones más antiguas. En el siglo I a.C., el historiador Estrabón cita la producción de gotas de plata falsa que hoy reconocemos como zinc puro. Se le distinguió como metal llamado *jasada* en India, en el siglo XIV. Ha tenido varios nombres: *estaño* de la India, *calamina* y *tutanego*. El famoso alquimista y médico Paracelso se refirió hace cuatro siglos a este metal como *zinkum*, del alemán *Zinke* (púa), por sus cristales puntiagudos.

El latón es una aleación de zinc con cobre que se fabrica desde la antigüedad. Los romanos lo usaban en sus armaduras y monedas, y debe su popularidad a su facilidad de trabajo y a su ornamental color dorado claro, que se ha usado para imitar el oro. Hoy en día lo encontramos en el centro de las monedas de diez pesos mexicanos y en los euros.

El zinc puede parecer, a los ojos químicos, un metal aburrido porque sus sales suelen ser blancas y su reactividad es limitada, además de tener poco valor. Los ojos industriales aprecian su uso para galvanizar el acero y brindarle durabilidad, como catalizador en la producción de caucho, y como pigmento blanco en la pintura.

Los ojos bioquímicos, sin embargo, ven que la vida nos demuestra la pertinencia de la química del zinc en las más de 200 enzimas y proteínas que lo utilizan. Cargamos en nuestro cuerpo dos gramos de este metal y debemos consumirlo con regularidad para mantenernos sanos. Es necesario durante la transcripción del ADN, regula el pH en el cuerpo, metaboliza el alcohol y degrada la insulina. Las células epiteliales de la próstata tienen cantidades inusualmente altas de este metal, y su concentración se reduce durante el desarrollo de cáncer, por lo que se ha propuesto como un marcador para detectar el cáncer de próstata en etapa temprana.

Su importancia en el cuerpo se adjudica a tres propiedades: su acidez, su geometría y su inactividad de óxido-reducción.

Zn

SÍMBOLO

30

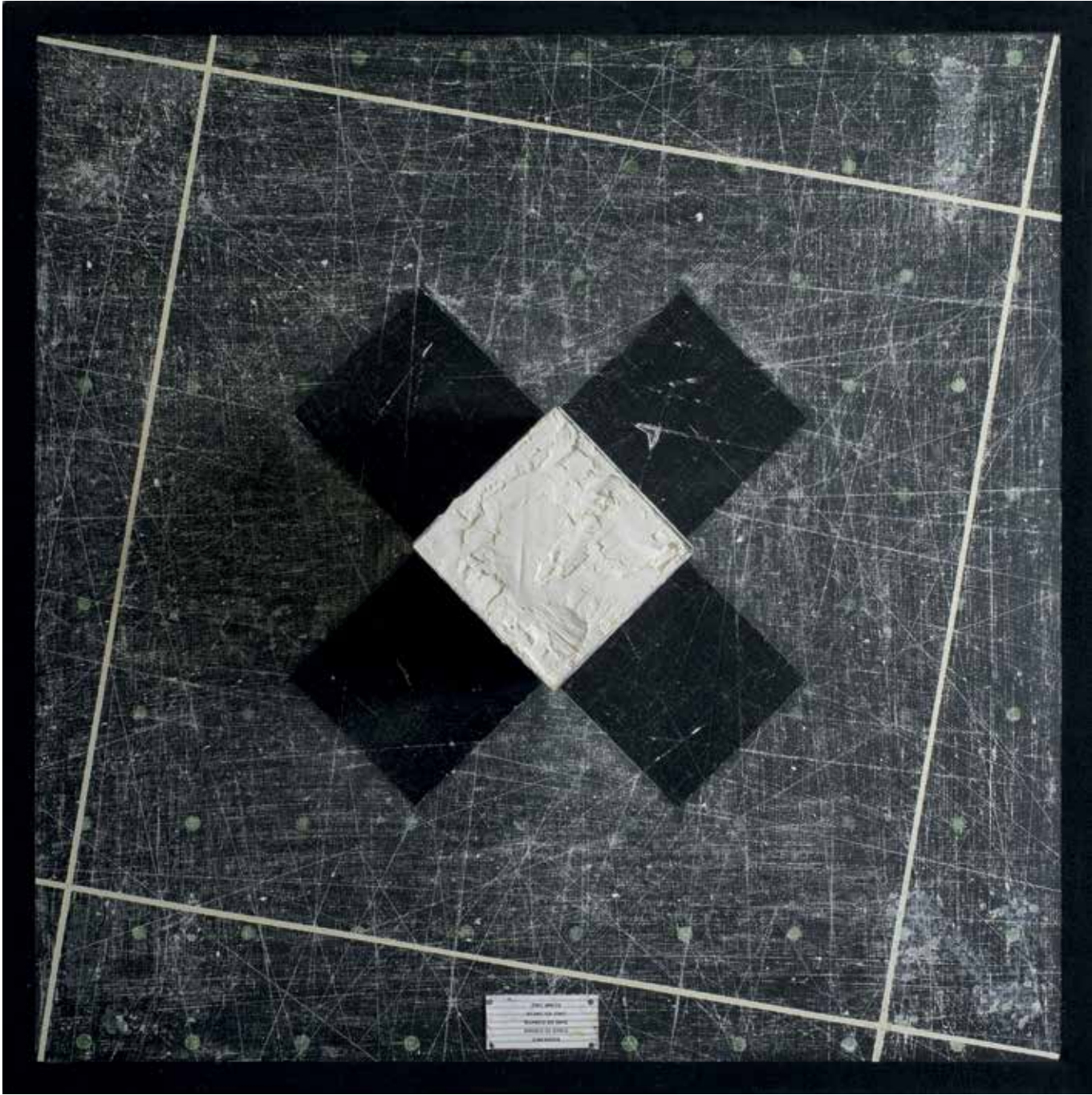
NÚMERO ATÓMICO



ALFONSO MENA PACHECO

Ha sido un elemento importante en medicina. Las tabletas medicinales más antiguas de las que se tiene evidencia son de carbonato de zinc y datan del 140 a.n.e., en Roma, probablemente utilizados para tratar la irritación de los ojos.

Hoy en día el zinc se sigue usando en tratamientos tópicos. La loción de calamina, hecha con óxido de zinc, sirve para aliviar la picazón. También encontramos el óxido en los bloqueadores solares y en los ungüentos para tratar la dermatitis y la urticaria. Los suplementos alimenticios de zinc han mostrado ser eficaces para estimular el crecimiento adecuado de los niños. Sin duda, en los siglos por venir seguiremos encontrando el zinc en las farmacias.



Alfonso Mena Pacheco **Zinc**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Ytrio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

La tabla de los elementos está íntimamente vinculada a la isla de Ytterby, en el archipiélago sueco de Estocolmo. Allí se encuentran los restos de una mina que cerró su boca en 1933. Como una fragua de los dioses escandinavos, permitió extraer tierras raras que escondían diecinueve elementos, cifra extraordinaria considerando lo vasto del planeta y lo limitado de los constituyentes elementales en la naturaleza.

El ytrio, elemento suave, plateado, fue visto por primera vez a fines del siglo XVIII, si bien lo aisló Carl Gustaf Mosander en 1843. De hecho, descubrió tres óxidos, a los que llamó yttria, erbia y terbia. Hoy los conocemos como óxido de ytrio (blanco), óxido de terbio (amarillo) y óxido de erbio (rosáceo). Un cuarto óxido —el óxido de yterbio— se identificó en 1878. No obstante, no se le encontró ninguna utilidad sino hasta hace pocas décadas, tanto en áreas de la química y la física, como de la computación y la medicina.

Al igual que otros metales de transición, como el cobre y el níquel, el ytrio se usa para fabricar cables útiles en las industrias electrónica y de energía solar. Hasta antes de la aparición de las pantallas digitales, se utilizaban tubos de rayos catódicos en los receptores de televisión, los cuales lanzaban millones de electrones a fin de recomponer las imágenes transmitidas. El color rojo se producía agregando óxido de ytrio saturado de europio. Durante la década de 1970 se integraban aluminio e ytrio con objeto de simular diamantes y otras gemas, pero tuvieron que ceder su lugar a la circonia cúbica (o circonita), más cristalina y propensa a obtener colores más brillantes.

Como muchos elementos de la tabla, por sí solo no es muy poderoso. Su mayor virtud es su enorme capacidad de estabilizar estructuras y de afinar las propiedades de otros al formar compuestos con cada uno de ellos. Al igual que el resto de las tierras raras (paradójicamente, comunes), el ytrio se ha vuelto indispensable en la tecnología que en nuestros días soporta, por ejemplo, la industria de la telefonía móvil.

Y

SÍMBOLO

39

NÚMERO ATÓMICO



LULÚ LADRÓN DE GUEVARA



Lulú Ladrón de Guevara **Ytrio**

acrílico, papel y hoja de plata/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Zirconio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El zirconio es un metal de tonos grisáceos a plateados. Maleable, dúctil, forma compuestos con facilidad. Posee una peculiar capacidad para resistir la corrosión. Se encuentra en la naturaleza combinado con diversos silicatos. Proviene de estrellas tipo S, del Sol y de meteoritos. También existen grandes reservas en la Luna, una de las diversas razones por las que se planea su explotación en los próximos años. En nuestro planeta existen varios minerales con zirconio en su composición, entre ellos el zircón y la baddeleyita (dióxido de zirconio).

Este segundo mineral fue descubierto en la isla de Ceilán (hoy Sri Lanka) por Joseph Baddeley, si bien años antes, en 1789, Martin Heinrich Klaproth había encontrado una piedra de zircón en la misma isla. Al analizarlo, la muestra halló un 25% de silicato, 0.5% de óxido de hierro, y el resto de un óxido desconocido al que llamó “zirconerde”, es decir, “zircón de la tierra”. Sin embargo, no consiguió aislar el elemento nuevo. Fue Jöns Berzelius quien en 1824 logró obtener un polvo negro luego de calentar una mezcla de potasio y fluoruro de zirconio y potasio en un tubo de hierro.

Los persas antiguos llamaban *zargun* (de tonos áureos) a estas gemas semipreciosas que surgen de las entrañas terrestres en verde, rojo tinto, violeta, amarillo, marrón, naranja y, sobre todo, en azul pastel, algunas pocas en azul brillante. Por su parte, los árabes la llamaban *zarkun*, que significa cinabrio o bermejo. Vale la pena aclarar que probablemente habían descubierto la variedad de zircón rojo y lo confundían con el mineral compuesto por mercurio y azufre —precisamente al que llamamos cinabrio—, esto es, rojo intenso.

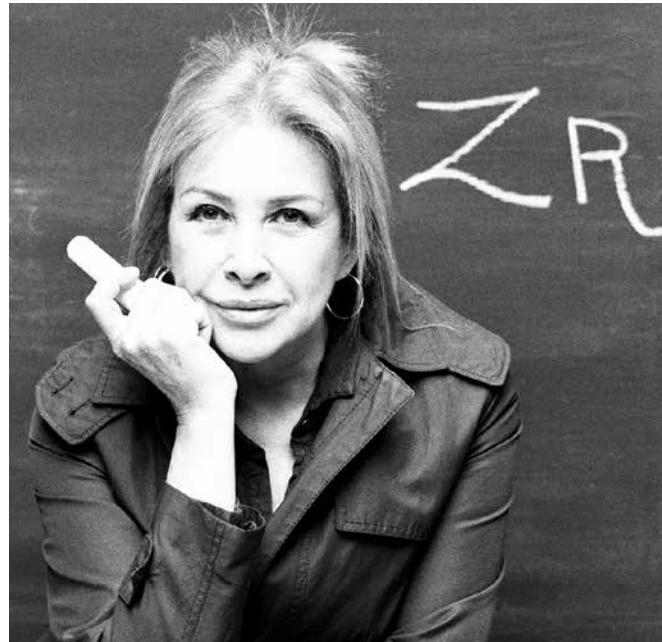
Asimismo, es factible que los persas encontraran la variedad amarilla. Durante la Edad Media se creía que podía inducir el sueño, espantar espíritus malvados, incluso propiciar la suerte de obtener riquezas, honores, sabiduría. En la época victoriana (1880), comandada por las islas británicas, estas joyas azules se convirtieron en un símbolo de distinción.

Zr

SÍMBOLO

40

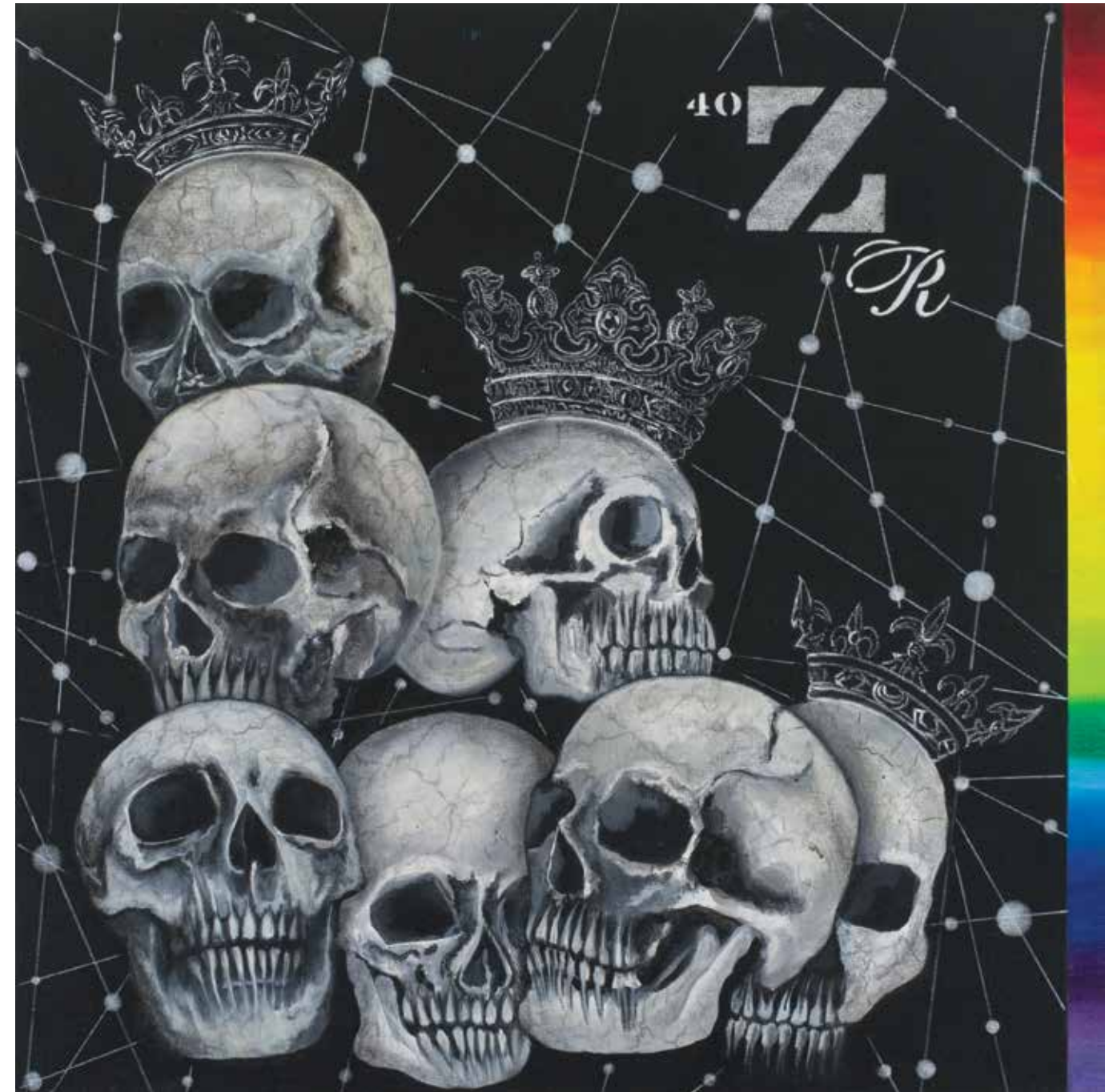
NÚMERO ATÓMICO



GABRIELA SODI

El zircón es duro y, no obstante, frágil. Algunas piezas son casi transparentes, una especie de “diamantes para pobres” a principios del siglo xx; otras son translúcidas. Se ha encontrado torio y uranio radiactivo en algunos cristales de dicho mineral. Otra cosa son las piedras fabricadas artificialmente con zirconio (llamado cúbico), que pretenden simular la pureza diamantina.

El polvo de zirconio se inflama espontáneamente al contacto con el aire, por lo que suele utilizarse en artefactos explosivos. Gracias a su resistencia a la corrosión, se emplea en diversas aplicaciones médicas. Se calcula que los humanos ingerimos unos 50 microgramos de zirconio cada día, el cual pasa por el sistema digestivo y, dado que no lo absorbemos, lo eliminamos sin más. El zirconio y el uranio fueron descubiertos el mismo año, 1789. Resulta curioso, pues ambos han resultado cruciales para producir energía nuclear.



Gabriela Sodi **Circonio**

acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Niobio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal blanquecino, brillante, el niobio suele producir una delgada película en la superficie cuando entra en contacto con el aire, la cual adquiere tonalidades azuláceas, verdosas y amarillentas. Son cuantiosas las reservas: según cálculos que consideran el ritmo de extracción actual, el niobio existirá, al menos, otros 500 años.

En 1734, John Winthrop encontró una extraña piedra en el área de Massachusetts y la envió a Inglaterra, donde fue exhibida durante décadas en el Museo Británico como una curiosidad mineral más, hasta que Charles Hatchett la analizó y, en 1801, concluyó que se trataba de un nuevo elemento. Llamó columbita a la piedra y columbio al bisoño en la tabla, en memoria del conquistador de América, Cristóbal Colón. Sin embargo, pocos años más tarde, William Hyde Wollaston lo refutó, aduciendo que había comparado dicho mineral con otro, la tantalita, y no había encontrado distinción alguna. Contenían, por tanto, el mismo elemento (tantalio).

No era así, pues en 1844, Heinrich Rose examinó ambos minerales con mayor acuciosidad y encontró dos ácidos distintos, si bien eran muy similares. A uno lo llamó ácido nióbico (por Niobe, hija de Tántalo, rey de Lidia e hijo de Zeus) y al otro, ácido pelópico (por Pélope, hermano de Niobe, asesinado por su padre). De esta manera, cambió el nombre del columbio por niobio, así que en Europa y en Norteamérica cada uno lo llamó a su manera. Fue hasta 1950 cuando la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada decidió efectuar un salomónico intercambio de nombres. El columbio se llamaría niobio, mientras que el tungsteno adoptaría el nombre oficial de wolframio.

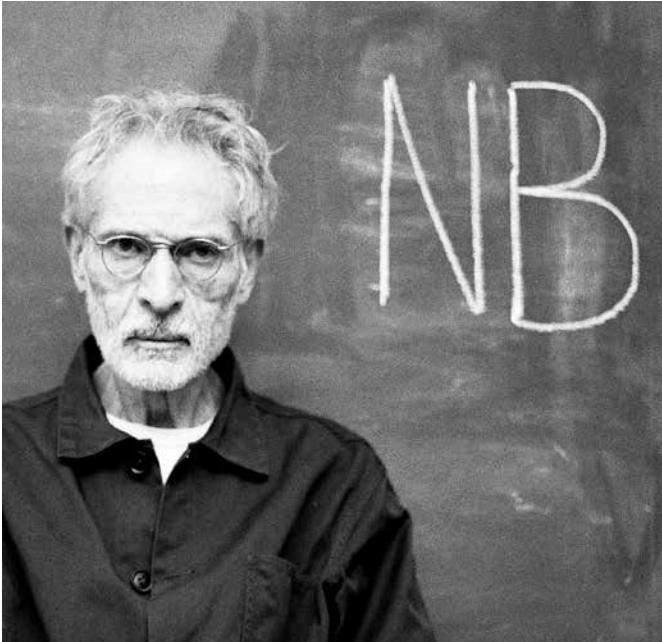
El niobio se usa en una amplia variedad de industrias, desde la fabricación de joyería hipoalergénica hasta la de motores de aviones jet. Al igual que el wolframio, el molibdeno y el tantalio, es muy resistente a las altas temperaturas y al desgaste, por lo que se les considera el grupo de elementos refractarios por excelencia.

Nb

SÍMBOLO

41

NÚMERO ATÓMICO



RICARDO REGAZZONI

El niobio ha resultado muy útil en la generación de imanes superconductores, por ejemplo, aplicados a la medicina. Las imágenes de los aparatos de resonancia magnética contienen cables hechos de una aleación niobio-titanio, además de otros adicionales, fabricados con niobio y estaño, lo cual genera un campo magnético más intenso que anteriores versiones de tales dispositivos de instrospección no invasiva.



Ricardo Regazzoni **Niobio**

pigmento y hoja de oro/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Molibdeno

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El molibdeno es un metal con un lustre plateado, duro, punto de fusión alto, utilizado en la industria para fabricar aleaciones. Su nombre proviene del griego *molybdos*, que significa plomo. Esto se debe al parecido de algunos de sus minerales, que son blandos y dejan un residuo oscuro. Entre estos minerales se encuentran el grafito (carbono), el sulfuro de plomo y el sulfuro de molibdeno, de ahí la confusión para distinguirlos en la antigüedad.

En 1776, en Suecia, se comenzó a resolver la confusión entre estas sustancias oscuras. El sulfuro de molibdeno —hoy llamado también molibdenita— no permitía la obtención de plomo como se esperaba. El farmacéutico Carl Wilhelm Scheele analizó una muestra en Köping, pero fue Peter Jacob Hjelm quien lo aisló en su forma pura poco después en Estocolmo, donde se descubrirían muchos otros metales “raros”.

A finales del siglo XIX y principios del XX, el molibdeno se comenzó a usar en aleaciones con hierro para obtener aceros muy resistentes, que tristemente fueron muy utilizados en las dos guerras mundiales del siglo XX. Hoy en día tiene usos más benignos en catalizadores, sustancias que facilitan transformaciones químicas sin formar parte de los reactivos iniciales ni de los productos finales. Algunos sulfuros de molibdeno son catalizadores que permiten obtener gasolina y diesel con bajo contenido de azufre para bien del medio ambiente. Otros catalizadores fueron descubiertos por Richard R. Schrock. “Bailan la danza de las olefinas”, ya que intercambian parejas de átomos de carbono para fabricar compuestos orgánicos. Este trabajo de Schrock recibió el premio Nobel de Química en 2005.

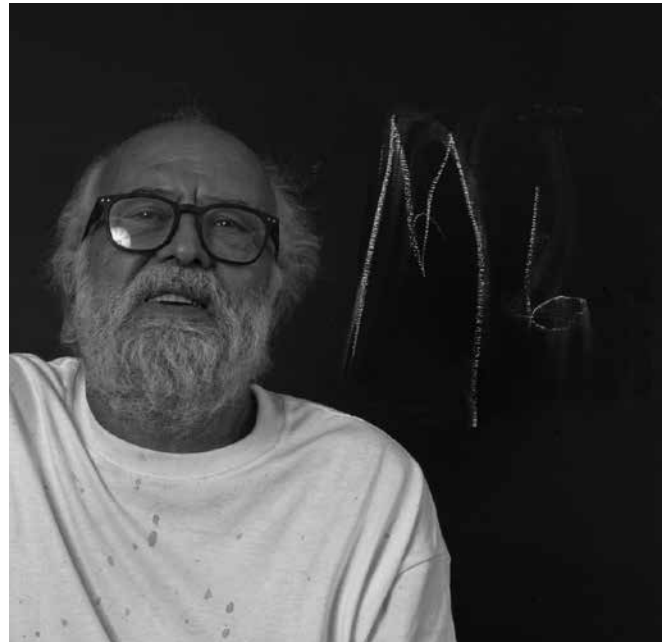
Los primeros catalizadores en la tierra —las enzimas— no fueron fabricados por la humanidad, y tienen millones de años funcionando en las diversas especies. Muchas de tales moléculas requieren de metales, por lo que se les llama metaloenzimas. Poco se sabe de la importancia que tiene este metal pesado para casi todos los organismos vivos.

Mb

SÍMBOLO

42

NÚMERO ATÓMICO



GABRIEL MACOTELA

Lo necesitamos las personas, y también las bacterias para un propósito fundamental: captar nitrógeno del ambiente —gas “inerte” que constituye 78% del aire que respiramos— y convertirlo en amoníaco, fertilizante indispensable para las plantas. Esta transformación que, a nivel industrial utiliza más de 1% de toda la energía del orbe, ocurre de manera natural catalizada por el molibdeno.



Gabriel Macotela **Molibdeno**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Tecnecio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El tecnecio es el primer elemento que se creó de manera artificial, un parteaguas en la tabla. Carlo Perrier y Emilio Gino Segré, investigadores de la Universidad de Palermo, Italia, lograron obtener una barra que había sido desechada del ciclotrón de Berkeley. Dicho material radiactivo fue cedido por el inventor del ciclotrón, el químico y premio Nobel Ernest Lawrence, sin saber que, en realidad, había regalado un nuevo elemento pronosticado por Mendeléyev, precisamente el que habría de llenar la casilla 43.

Producto de la radiación nuclear por el bombardeo de neutrones sobre el núcleo de ⁹⁸molibdeno, el cual decae con una vida media de seis horas a un estado metaestable de tecnecio, este proceso permite la producción del ^{99m}tecnecio, cuya vida media es relativamente larga. Es, por tanto, el primer *technetos*, que en griego significa “artificial”.

No tiene isótopos estables, de manera que es difícil encontrarlo en la naturaleza. Hay quienes han sido testigos de cómo gira “el aspa maravillosa que nos multiplica y nos interroga” (Octavio Paz).

Pocos químicos lo han visto. Se sabe que es de color gris plateado, reacciona lentamente con el aire y pierde brillo por la necesidad de utilizar radicación para su obtención. Sus aplicaciones son limitadas pero exitosas.

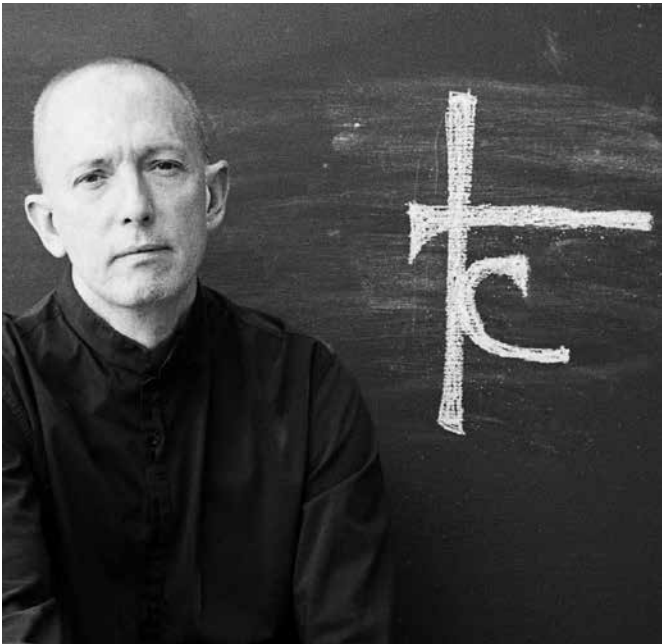
Existe en cantidades ínfimas en la Tierra, si bien se han detectado algunas más abundantes en estrellas y asteroides. Inhibe la corrosión del acero gracias a su resistencia a los ácidos. También se utiliza en medicina nuclear. Es el radioisótopo más socorrido para diagnosticar el funcionamiento correcto de órganos y huesos en el cuerpo humano. Más del 70 % de los procedimientos médicos en los que se utiliza una molécula radiactiva se realiza con dicho elemento. Su vida media, de seis horas, permite que el óxido de tecnecio llegue a la parte del cuerpo que se desea. Para generar imágenes de huesos afectados por alguna enfermedad o ruptura en el cuerpo se utiliza fosfonato de tecnecio, sal que es adsorbida

Tc

SÍMBOLO

43

NÚMERO ATÓMICO



ALEJANDRO ESCUER

por los huesos, es decir, moléculas radiactivas quedan como señales en su paso por la zona ósea. El efecto de estos compuestos en el cuerpo humano deslumbra por sus resultados. Si se tiene una enfermedad que, por alguna razón, ha hecho que una parte de nuestro hueso esté muerto, no será iluminado por el tecnecio. Si el hueso tiene vida estará irrigado por sangre, la cual llevará al tecnecio al hueso. Entonces veremos su brillo característico bajo el escáner.

Es útil para detectar tumores bien escondidos. Pocas horas después de la inyección de un anticuerpo enriquecido con ^{99m}tecnecio dirigido al tumor, comienzan a aparecer los rayos gamma emitidos por el isótopo radiactivo de tecnecio. Así queda el enemigo al descubierto.



Alejandro Escuer **Tecnecio**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Rutenio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Aleksandr Borodin no descubrió ningún elemento a pesar de que fue un connotado químico, pero sus exaltadas composiciones musicales cuentan historias y evocan los escenarios naturales de las estepas y bosques que se localizan en la cordillera de los Montes Urales, sitio donde se descubrió el rutenio, que en latín significa Rusia. Éste es un metal de transición duro, blanquecino, muy complicado de tratar en su forma pura, pues además tiene que hacerse elevando mucho la temperatura.

Una de sus características es la capacidad que tiene como catalizador; se utiliza en reacciones en las que se llevan a cabo procesos de hidrogenación, isomerización, oxidación y reformación. También es un eficaz compañero en aleaciones, en particular con el platino y el paladio, pues es un buen agente en contra de la corrosión. Otro compuesto importante por su notable superconductividad es con molibdeno. Con titanio puede formar una aleación muy resistente a la corrosión. Los compuestos de rutenio son muy escasos, por fortuna, pues resultan ser sumamente tóxicos, incluso cancerígenos. Es el caso del óxido y del tetróxido de rutenio, ambos compuestos volátiles. El isótopo ¹⁰⁶rutenio se liberó a la atmósfera del planeta entre 1945 y 1980, periodo en el que se llevaron a cabo pruebas de armas nucleares en la atmósfera.

Ru

SÍMBOLO

44

NÚMERO ATÓMICO



GILDA CASTILLO



Gilda Castillo **Rutenio**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Rodio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal de tonalidades plateadas y blanquecinas, el rodio es duro, durable, brillante. Su capacidad reflectante es notable. Al igual que otros elementos de su grupo —el del platino—, tiene una gran resistencia a la corrosión. Por su escasez en la superficie del planeta es uno de los más raros de la tabla y se le considera el tercero más valioso, después del oro y la plata. Su nombre deriva del griego *rhodon*, que significa rosa, debido a los matices rosáceos, en ocasiones rojizo oscuro, que presentan sus sales. Lo llaman metal noble, pues no reacciona fácilmente con el oxígeno. Es un eficaz catalizador, así como un extraordinario resistente a la oxidación y corrosión. Asimismo, soporta el ataque de la mayoría de los ácidos.

En 1803, luego de haber descubierto el paladio, William Hyde Wollaston encontró rodio (de hecho, cloruro de rodio y sodio) en una pieza de platino extraída de una mina en Sudamérica, luego de un laborioso procedimiento a fin de separar platino y paladio. Hoy sabemos que el rodio se encuentra íntimamente asociado en las minas de platino y puede identificarse por el color rojo que, a veces, aparece en las sales de platino.

Una aplicación importante del rodio tiene que ver con los convertidores catalíticos que se instalan en los vehículos motorizados para reducir las emisiones de gases nocivos, como el óxido de nitrógeno. También ha resultado muy eficiente en la neutralización de hidrocarburos y monóxido de carbono. Se emplea en joyería y en la fabricación de espejos, así como de proyectores, pues, como se dijo, es muy brillante, no se mancha y resiste el ennegrecimiento.

En aleación con el platino sirve en algunos dispositivos médicos, como los marcapasos. Con platino e iridio se forma una aleación muy apreciada en la industria, dado que mejora la resistencia del metal a la oxidación, provocada por el constante roce y el consecuente aumento de su temperatura. Este compuesto está presente en altos hornos, en las

Rh

SÍMBOLO

45

NÚMERO ATÓMICO



ROWENA MORALES

puntas de algunas plumas, agujas de tocadiscos y termopares de alta temperatura.

El rodio no tiene actividad en ningún proceso biológico, y es el menos tóxico de la familia del platino, aunque algunos de sus compuestos se consideran potencialmente cancerígenos.



Rowena Morales **Rodio**

acrílico, hilo de algodón y hoja de plata/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Paladio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

En su forma pura, el paladio adquiere tonos grisáceo-blancuecinos. De los metales que pertenecen a la familia del platino, es el menos denso y se funde a la temperatura más baja, por lo cual resulta muy dúctil y fácil de manipular. Debido a su relativa abundancia sobre la superficie terrestre se usa como sustituto del platino en aleaciones para crear joyas de fantasía, pero que no llegan a ser bisutería. También sirve para la industria dental. Si bien no es fácil encontrarlo en estado natural, se han descubierto trozos combinados con un poco de platino e iridio en los montes Urales, Colombia y Sudáfrica. En Brasil se ha hallado asociado al oro y se llama *ouro poudre*. Abunda en minerales sulfurosos, como la braggita, siendo un producto secundario durante la extracción de níquel, cobre y zinc. Los depósitos más grandes se encuentran en Siberia.

Como sucede con cierta frecuencia en la ciencia química, las evidencias saltan ante los ojos de los que desean ver, pero sólo algunos pueden distinguirlas, ya sea por perseverancia o por suerte, o por una combinación de ambas. Sin embargo, como decía Louis Pasteur —químico excepcional—, “la suerte favorece a los mejores preparados”. Así sucedió con el descubrimiento del paladio.

En 1803, el químico-físico británico William Hyde Wollaston había estado reduciendo platino crudo en *aqua regia* (ácido nítrico + ácido clorhídrico) y luego haciéndolo reaccionar con cianuro de mercurio. Así concluyó que los restos debían ser algo distinto, un nuevo elemento. En un acto un tanto lúdico, Wollaston lo llevó a una tienda especializada del centro de Londres, donde se vendería como “una nueva plata”. Se encargó de repartir volantes por toda la ciudad en los que ofrecía una recompensa de veinte guineas (unos cien dólares de hoy) a quien consiguiera producirlo de manera artificial. Un químico rival, Richard Chevenix, compró un poco, analizó la misteriosa sustancia y concluyó, con sobrada confianza, que se trataba de una burda aleación de platino con mercurio. Nadie reclamó el premio.

Pd

SÍMBOLO

46

NÚMERO ATÓMICO



VANESSA GARCÍA LEMBO

Antes de revelar la verdad, encontrada tras detallados experimentos, Wollaston tuvo que elegir un nombre. Pocos meses antes, en 1802, el astrónomo alemán Wilhelm Olbers había descubierto el tercer asteroide más grande de nuestra galaxia, al que nombró Palas, en honor a la diosa griega de la sabiduría. A Wollaston le pareció oportuno que el nuevo elemento se llamara Paladio, hijo de Palas. En 1805 presentó ante la Real Sociedad de Química sus hallazgos y describió sus propiedades.

El hidrógeno se difumina con facilidad cuando se calienta paladio, por lo que se ha vuelto una forma común de purificar el gas. También se usa como catalizador en reacciones de hidrogenación y deshidrogenación. Junto con el oro, la plata y el platino, son los únicos elementos metálicos a los que se les ha otorgado un código ISO equivalente a moneda. De hecho, el valor del paladio se ha multiplicado en el último decenio.



Vanessa García Lembo **Paladio**

acrílico y collage/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Plata

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

La plata es uno de los elementos mejor conocidos y apreciados por la humanidad desde hace muchos siglos, por lo que el descubridor y la fecha de su hallazgo se pierden en la memoria de los tiempos. Aunque son escasas, es posible toparse con pepitas de plata en minerales o en lechos de ríos, y a principios del siglo xx lograron hallarse grandes trozos en el norte de Ontario, Canadá. Lo más común es encontrarla unida al cobre, al cobre-níquel, al oro y al sulfuro de plomo, por ejemplo, en el mineral llamado galena, el cual ha sido explotado al menos desde hace tres mil años, según se desprende de los hallazgos arqueológicos en regiones de Grecia y Turquía. Asimismo, existe en la argentita (sulfuro de plata) o en la cerargirita (cloruro de plata). La plata de América financió buena parte del imperio español desde el siglo xvi hasta el xix.

“El que brilla”, así se le nombraba entre las culturas antiguas, pues sabemos que el vocablo latino *argentum* (de ahí la abreviatura Ag) deriva del sánscrito *argunas*. Los antiguos caldeos, quienes habitaron lo que hoy es el sur de Irak, fundían el mineral en un recipiente poco profundo al que sometían a un severo y abrupto golpe de aire. De esa manera, el plomo y el cobre se oxidaban, dejando intacto el residuo de plata. Moneda de cambio desde hace tanto tiempo, a quien comerciaba con este codiciado elemento se le conocía como *argentarium*, y la palabra francesa para referirse al dinero es *argent*.

La plata con un 92.5 % de pureza (7.5% de cobre) se conoce como “plata esterlina”, mientras que una aleación de 95.8% de plata y 4.2 % de cobre se llama “plata Britannia”. Ambas se emplean en la industria de la joyería y la platería.

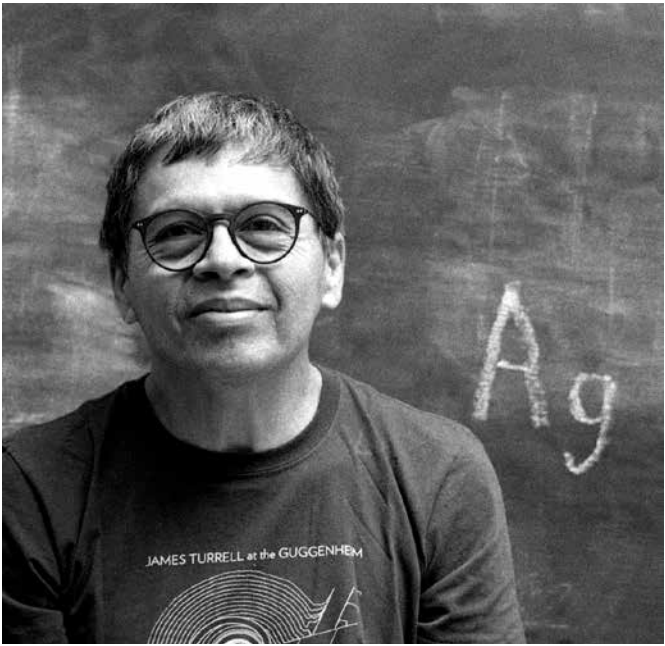
Es un colorante popular y aditivo alimenticio. Cerca del 30 % de la producción, en particular del nitrato de plata, se usa en la industria fotográfica. Hasta el inicio de la era digital, el bromuro y el yoduro de plata fueron muy importantes por su sensibilidad a la luz. De hecho, aún lo son, pues los fotógrafos profesionales usan sales de plata para imprimir copias de

Ag

SÍMBOLO

47

NÚMERO ATÓMICO



JAVIER GUADARRAMA

calidad y, al mismo tiempo, evitar su reproducción ilegal. Se aplica en soldaduras, contactos eléctricos y baterías de cadmio y zinc; en la producción de espejos finos, aunque con el tiempo pierde brillo, pues los compuestos azufrados en el aire reaccionan lentamente con la superficie plateada y forman una capa negra de sulfuro de plata. El yoduro de plata inyectado en las nubes puede provocar lluvia.

Si bien no es tóxico, se ha encontrado que las sales de plata sí presentan riesgos para la salud de los organismos vivos. No obstante, se le conocen propiedades antibacterianas, de manera que se emplea como un eficaz bactericida. Su ingestión o inhalación frecuentes generan una condición patológica conocida como “argiria”, la cual hace que tanto la piel como la mucosa se tornen grisáceas.



Javier Guadarrama **Plata**

Punta de plata, hoja de plata y óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Cadmio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El cadmio es un metal de tonalidades plateadas, blanquecinas. Es dúctil, de apariencia brillante, si bien en la superficie puede adquirir matices azulados. Su maleabilidad es particularmente notable: es tan blando que se corta con un cuchillo, aunque es un poco más duro que el estaño. Casi no se encuentra en estado libre. Por lo común se halla en la naturaleza asociado al zinc, por ejemplo, a manera de corteza (cristales amarillentos de sulfuro de cadmio) que suele crecer en la superficie del mineral llamado greenockita, o bien en el interior de la esfalerita (sulfuro de zinc).

Su descubrimiento en 1817 se debió a un suceso trágico en el poblado alemán de Hildesheim, donde varias personas habían sido envenenadas sin que se supiera con qué sustancia. El químico Friedrich Stromeyer, quien inspeccionaba las farmacias del país, halló que varios establecimientos en dicho poblado estaban usando carbonato de zinc en lugar del óxido correspondiente en los remedios que vendían a los vecinos. Tomó varias muestras del carbonato, las analizó pasándolas por calor y encontró que en algunas de ellas se desprendía un brillo amarillento, lo cual no sucedía con el compuesto puro. En un principio creyó que se trataba de la acción contaminante de impurezas de plomo o de hierro, pero no encontró rastro de ninguno de esos elementos. Se trataba, pues, de un nuevo invitado a la tabla. Lo llamó *cadma*, apelando al nombre latín para la calamina, es decir, carbonato de zinc. La calamina era conocida entre los antiguos griegos, quienes la llamaban *kadmeia*.

La mayor parte del cadmio que se extrae de las minas y se refina es utilizado en la fabricación de pilas (en aleación con níquel), si bien también tiene aplicaciones en la industria de los pigmentos, enchapados y otros recubrimientos. Sus efectos en la salud son agresivos, como pudo constatarlo en carne propia Vincent van Gogh, a quien le gustaba emplear una amplia variedad de colores rojos, amarillos, anaranjados, todos ellos a base de pigmentos enriquecidos con cadmio.

Cd

SÍMBOLO

48

NÚMERO ATÓMICO

EMILIO SAID

Las consecuencias van desde dolores agudos de estómago a desórdenes mentales y cáncer, pasando por diarreas, fracturas de huesos y daño en los aparatos reproductivos.

En nuestro organismo hay cadmio debido a que diversos alimentos contienen pequeñas cantidades, entre ellos, el hígado de ganado vacuno, los hongos y las setas, las ostras y los mejillones, la cocoa en polvo y las algas marinas secas. Si además alguien fuma tabaco, el humo lleva el cadmio a los pulmones, de donde pasa al torrente sanguíneo, lo cual aumenta el potencial daño que pudieran provocar las microcantidades ya presentes.



Emilio Said *Cadmio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Lantano

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal blanquecino con matices plateados, el lantano es maleable, dúctil y muy suave. Reacciona de manera vigorosa frente al carbono, el nitrógeno, el boro, el selenio, el silicio, el fósforo, el azufre y los halógenos. Al igual que otras tierras raras, es muy utilizado en las industrias de cine y televisión como componente de las luces de arco de carbono, tanto para la iluminación de escenarios como para la proyección de películas. Fue descubierto en 1839 por Carl G. Mosander, alumno de Jöns Jacob Berzelius, quien varias décadas antes había examinado la cerita. Mosander supuso, de manera correcta, que las impurezas de este óxido correspondían a un elemento “escondido”. De ahí su nombre, en griego: *lanthanein*. Mosander lo encontró en el nitrato de cerio. En aleación con cerio, neodimio, preaseodimio, gadolinio e iterbio forma el *mischmetal*, utilizado en la fabricación de piedras de encendedor. El óxido de lantano, también conocido como lanthana, aumenta la resistencia de los cristales con los que se fabrican lentes para cámaras fotográficas y de cine, así como otros anteojos y pantallas especiales. También se emplea en las baterías de vehículos híbridos.

Se trata del primer elemento de una “isla” que se desprende después del elemento 56, el bario, y se extiende desde el 57 hasta el 71. Se encuentra en minerales como la allanita, la cerita y, sobre todo, en la monacita y la bastnasita, formando aquí y allá pequeños cristales de tonalidades pardo-rojizas. Éstos se hallan en estado metamórfico, forma peculiar de los materiales amorfos, cuya red interna ha perdido su orden pero que, aun así, mantienen una cara externa cristalina.

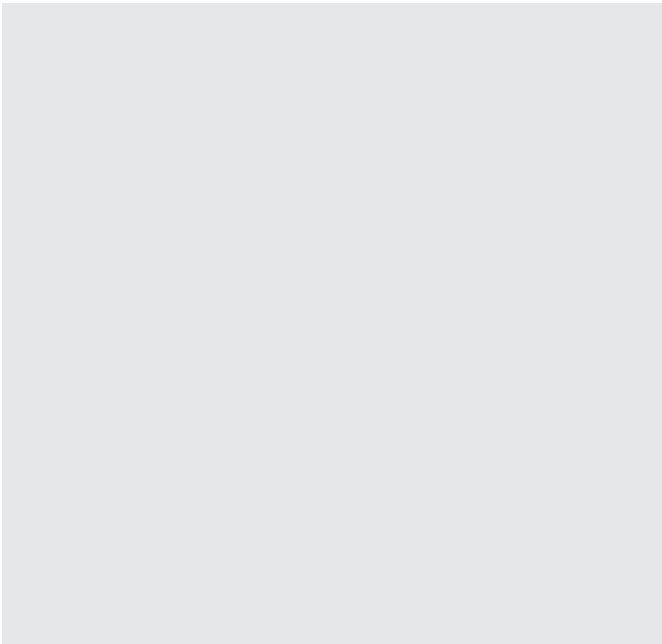
Dice Roald Hoffmann, Premio Nobel de Química y destacado escritor, en su poema “Un estado inusual de la materia”: “En las arenas de la playa de Kerala, / desgajada de una roca de gneis, / en las arenas de un arroyo de Carolina del Norte/ se encuentra la monacita, un raro/ mineral. En su origen cristalino/ hay orden, hay una red. / Y los átomos —cerio, lantano, / torio, ytrio, fosfato— danzaban / alrededor de

La

SÍMBOLO

57

NÚMERO ATÓMICO



GUILLERMO OLGÚN

lugares predeterminados, / sujetos por resortes electros-
táticos / sin masa / y por el volumen de sus vecinos. / Vibra-
ban / y cantaban/ en armonía cuántica / para los oyentes que
no están ahora, y para mí.” [fragmento]

Guillermo Olgún *Lantano*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Hafnio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal de transición color blanco plateado, de apariencia brillante, no es fácil hallar al hafnio libre en la naturaleza. Sin embargo, en términos relativos, existe una notable cantidad de hafnio en la superficie terrestre, sobre todo incrustado en los minerales que contienen zirconio. De hecho, estos dos elementos son tan parecidos que resulta sumamente difícil y laborioso separarlos. Parafraseando a Jorge Cuesta, se comportan como frutos que del tiempo son dueños.

El hafnio se unió “al ensordecedor rumor de lo real” (César Moro) que caracterizaba a la tabla de los elementos en 1923, ya que, a pesar de los obstáculos para revelar su identidad, la tabla confeccionada por Mendeléyev en 1865 pronosticaba que “algo” debería haber muy parecido al zirconio y al titanio, pero más pesado. En efecto, se encuentra muy cerca de la frontera de los elementos con núcleo estable. El último es el renio. Es uno de los elementos que mostraron la existencia de un puente entre la ciencia de las transformaciones, la química y la física. Dado que se encuentra en el límite entre las tierras raras y los metales de transición, muchos químicos se volcaron sobre los minerales lantánidos sin resultados. Georges Urbain, quien descubrió el lutecio, esta vez no tuvo éxito. El británico Henry Moseley comprendió que debía insistir, pero tuvo que interrumpir sus pesquisas debido al estallido de la Primera Guerra Mundial. Se enlistó y un francotirador acabó con su vida.

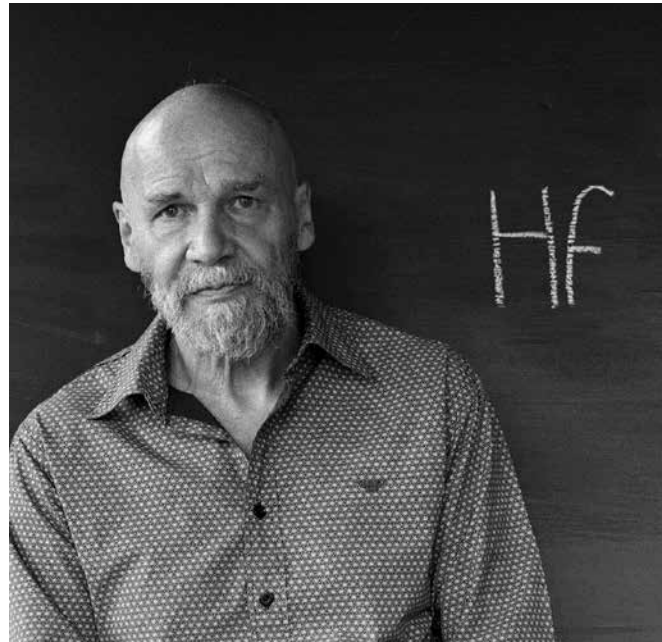
En la segunda década del siglo xx, uno de los más grandes físicos teóricos de la historia y pionero de la teoría cuántica, el danés Niels Bohr, basándose en estos conceptos novedosos, supuso que el elemento desconocido tendría una estructura química similar a la del zirconio, por lo que había muchas posibilidades de que ambos se presentaran unidos en la naturaleza. En 1921, en su legendario Instituto financiado por el dueño de la cervecería Carlsberg de Copenhague, Bohr animó a dos de sus estudiantes, el químico húngaro Georg von Hevesy y el físico holandés Dirk Coster, a descubrir el

Hf

SÍMBOLO

72

NÚMERO ATÓMICO



RAFAEL CAUDURO

enigmático elemento mediante espectroscopía de rayos X e interpretando lo que veían con los conceptos aprendidos en el Instituto de Copenhague. Lo consiguieron en 1923. Para nombrar al nuevo residente del reino periódico utilizaron la antigua palabra latina que designa la ciudad de Bohr, donde se había descubierto: Hafnia. De ese momento en adelante la química se volvería más “física”.

Algunos podrían pensar que es inútil, comercialmente inviable, separar el hafnio del zirconio. Pero hoy en día se hace porque se puede gracias a la feliz y robusta cooperación entre las ciencias de partículas subatómicas y su interpretación cuántica, y la química. Gracias a su notable resistencia a la corrosión y eficaz absorción de neutrones ha encontrado aplicación en submarinos nucleares y en barras de control en centrales de este tipo de energía, así como en equipos electrónicos, cerámica y fotografía.



Rafael Cauduro **Hafnio (Trascabo con dos mujeres)**
Giclée de papel de algodón/textura de acrílico/madera, 60 × 60 cm, 2019

Tantalio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El tantalio es un metal muy duro, brillante, blanco de tonalidades plateadas. Al igual que otros elementos de su grupo, como el niobio, es extremadamente denso y su punto de fusión es alto, sólo superado por el wolframio y el renio. Destaca su gran resistencia a los ácidos en una temperatura ambiente, exceptuando el fluorhídrico. También es uno de los cinco metales con mayor capacidad refractaria, esto es, elementos con particular resistencia al calor y el desgaste.

Las existencias de tantalio son relativamente escasas. Para extraerlo comercialmente, primero se forma el óxido de tantalio y enseguida se reduce con carbono o hidrógeno. Presenta 31 isótopos, de los cuales sólo el ¹⁸¹tantalio existe en forma natural. Puede encontrarse en minerales como la columbita, la tantalita y el pirocloro. Se ha hallado en algunos yacimientos de los Montes Urales mezclado con un poco de niobio y trazas de manganeso y oro.

Su enorme parecido con el niobio dificultó mucho el camino para llegar a él. En 1802, en su laboratorio de Uppsala, el químico sueco Anders G. Ekeberg examinó dos minerales, uno traído de Finlandia —la tantalita— y el otro proveniente de una mina localizada en el poblado de Ytterby, en su propio país —la ytrotantalita—. Concluyó que ahí se hallaba escondido un nuevo elemento. Sin embargo, la comunidad científica creyó que lo estaba confundiendo con niobio. Fue hasta 1846 cuando el experto en minerales alemán Heinrich Rose finalmente aportó pruebas fehacientes de que se trataba de dos elementos casi iguales. Su nombre deriva de la mitología griega, según la cual Niobe era hija del semidios Tántalo, quien fue castigado por los dioses olímpicos debido a su conducta insoportable. El comportamiento del tantalio y el niobio nos recuerda el poema del premio Nobel de Química Roald Hoffmann: “Yo soy uno. Yo / soy dos. Dividido. / Desatado. / Por el punto / que eres tú. / Por una pausa. Que / empuja — uno / adentro, otro adelante. En / ti yo soy dos. / Yo soy uno. Tú”.

Ta

SÍMBOLO

73

NÚMERO ATÓMICO



MARIO NÚÑEZ

El tantalio se emplea en la industria de la electrónica para fabricar capacitores y resistencias de alta capacidad. Se utiliza también en aleaciones a fin de aumentar tanto su firmeza y ductilidad como su resistencia a la corrosión. Dado que no hay respuesta inmune cuando se encuentra en estado sólido, se usa para hacer instrumental quirúrgico y dental, así como en ciertos implantes. Sin embargo, sus vapores inhalados pueden ser sumamente irritantes.



Mario Núñez *Tantalio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Wolframio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

“Las paredes de la cocina de Oliver Sacks estaban recubiertas con gráficos de los elementos químicos. En su biblioteca, rebotante de libros, había un pequeño espacio en donde se podía apreciar una pequeña barra de tungsteno, el otro nombre que recibe el wolframio.

Al ver esa barra, Oliver Sacks recordaba la fábrica de su tío David en donde se manufacturaban focos que tenían finos filamentos de alambre de tungsteno. Si nos internamos en la memoria de Sacks, podemos asomarnos a los instantes en que se asombra al ver una especie de talco pesado y oscuro que se prensa y sinteriza al rojo vivo para extraer los delicados hilos que se encienden dentro de los focos.

Junto con su tío, el niño Oliver Sacks aprendió a amar las propiedades y texturas de distintos metales. ¿Por qué algunos eran brillantes? ¿Por qué otros eran suaves? ¿Cómo sonaban? No obstante, nada se comparaba al tintineante tungsteno. Sacks veía cómo se le encendía la mirada a su tío, como si fuera la de un niño. Se trataba de un mineral tan denso que era descrito con el nombre *tung-sten*, que provenía de las palabras de la lengua sueca *tung* (pesado) y *sten* (piedra), “piedra pesada”. El tungsteno era asombrosamente duro, más que el mismo acero, con el punto de fusión (la temperatura en la que se pasa de sólido a líquido) más alto de todos los elementos químicos: 3 422° centígrados.

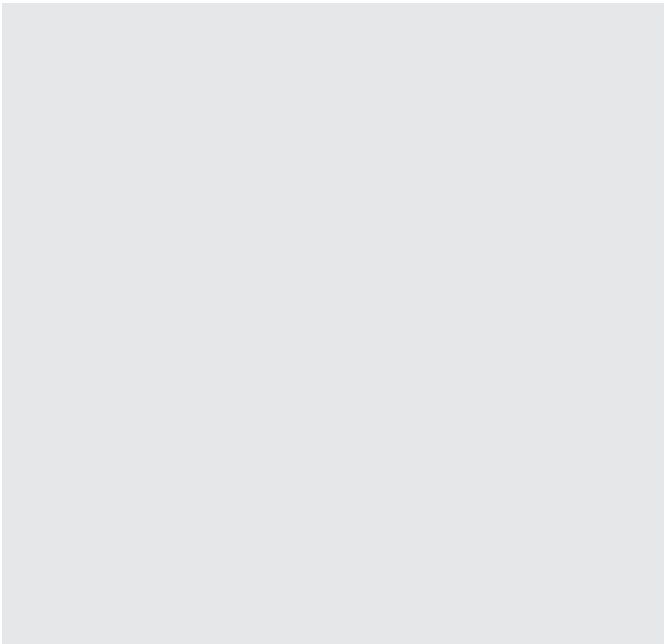
El tío David hizo uno de sus pequeños experimentos para mostrarle a Oliver qué tan pesado era su mineral favorito: primero sumergió plomo dentro de un recipiente lleno de mercurio, ese extraño metal líquido que destaca por su increíble pesadez y densidad. Sin embargo, ¡el plomo flotaba! Posteriormente sacó de su bolsa una pequeña barra metálica de tungsteno y la colocó en el recipiente. Para el asombro de Sacks, se hundió inmediatamente hasta el fondo. Estaba ante las maravillas que le enseñaba su tío Tungsteno. Así es como Sacks apodó al entrañable pariente que le había abierto el mundo de la química en su niñez. También podría haberlo

W

SÍMBOLO

74

NÚMERO ATÓMICO

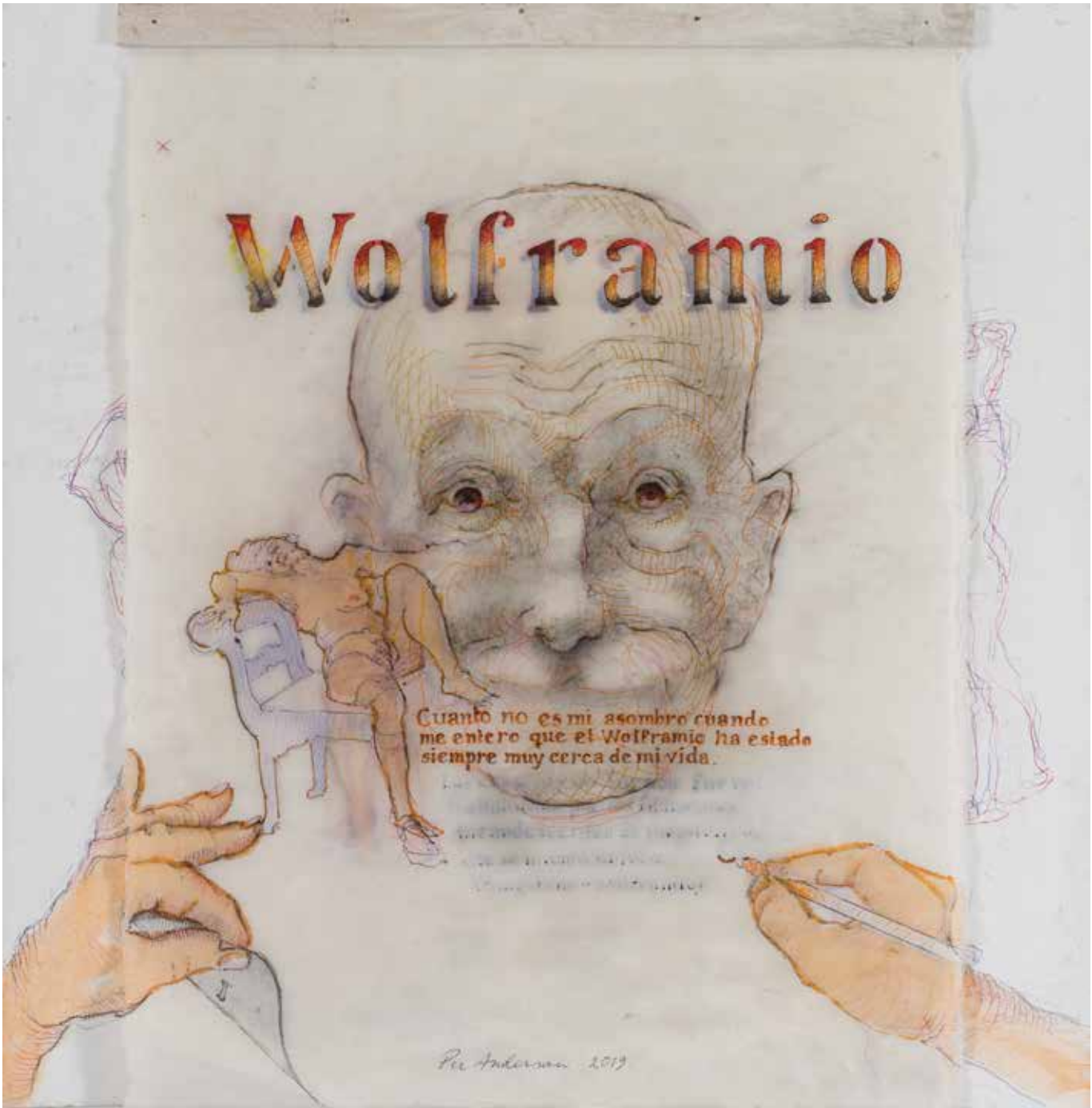


PER ANDERSON

llamado tío Wolframio. ¿Por qué wolframio? Porque este mineral fue denominado originalmente wolframita (del alemán *Wolf Rahm*, la espuma del lobo). Al igual que un animal hambriento, la obtención de este metal implicaba “devorar” al estano en las minas para poder extraerlo.

Existe hoy en día una polémica sobre cómo nombrar a este elemento que tiene el número atómico 74 y el resabio del símbolo W para identificarlo. Sin embargo, lo cierto es que los filamentos del tungsteno-wolframio generan desde rayos X que hacen transparentes a nuestros cuerpos, hasta componentes de microscopios electrónicos, pasando por las aleaciones para la soldadura de barcos, aviones y puentes, y por los hilos de lámparas incandescentes que se encienden, en mi imaginación, en los cerebros de un niño y de su tío enamorados del conocimiento, de la química de la naturaleza.”

José Gordon



Per Anderson **Wolframio**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Renio

NOMBRE

XXXXXXX

ESTADO FÍSICO

Es septiembre de 1925. La Unión de Químicos Alemanes escucha a Ida Tacke, quien dicta una conferencia sobre el descubrimiento de dos nuevos elementos: tecnecio y renio. El evento resultó histórico no sólo por el anuncio mismo, sino porque era la primera vez que lo hacía una mujer. El descubrimiento —llevado a cabo por Walter Noddack, Ida Tacke y Otto Berg— no era accidental, sino el resultado de un largo proceso de investigación en minas de platino y de columbita, pues las primeras contienen elementos de números atómicos entre el 24 y el 29, del 44 al 47 y del 76 al 79, mientras que las segundas contienen elementos con números atómicos del 39 al 42 y del 72 al 74. Se esperaba, entonces, que los elementos con números atómicos 43 y 75 se encontraran en uno o en ambos minerales. Finalmente, el elemento con número atómico 75, el renio, se extrajo de la columbita. Su nombre evoca el río Rin.

En 1929, Tacke y Noddack prepararon el primer gramo de renio a partir de 660 kilogramos de molibdenita. Se dice que diecisiete años antes, Masataka Ogawa lo había encontrado. Él lo nombró niponio. A la fecha continúa el debate.

El renio es un metal blanco plateado, muy escaso, con punto de fusión de 3 185 °C. Sólo el tungsteno (3 422 °C) y el carbono (3 550 °C) presentan puntos de fusión mayores. Apenas se encuentra en minerales como la molibdenita, cuya mayor reserva está en Chile. En 1993 se descubrió otro mineral, la renita, que se condensó de una fumarola del volcán Kudryavyi en la isla Iturup, de jurisdicción en disputa entre Rusia y Japón. La renita es más escasa aún. No fue sino hasta 2004 que se le reconoció como una especie mineral individual.

Casi todo el renio se utiliza en aleación con níquel para fabricar aspas de turbinas en aviones de caza, como el F-22 Rap-tor, avión estadounidense de quinta generación. Esto se debe a que la temperatura que resiste dicha aleación se ajusta a las temperaturas del gas localizado en la entrada de las turbinas

Re

SÍMBOLO

75

NÚMERO ATÓMICO



ERNESTO ZEIVY

(1 600-1 700 °C). La aleación de tántalo con 2.5 % de renio y 8 % de tungsteno se usa como aislante térmico en vehículos espaciales que regresan del espacio exterior a la atmósfera terrestre.

Los sulfuros de renio se han utilizado como catalizadores efectivos para la hidrogenación de compuestos orgánicos. Se emplean en el craqueo de hidrocarburos pesados. La industria automotriz usa filtros de escape de aleación renio-platino. Se han fabricado termopares con aleaciones de renio con molibdeno y tungsteno como sensores de altas temperaturas (hasta 2 600 °C). Los radioisótopos ¹⁸⁸renio y ¹⁸⁶renio son útiles para el tratamiento de cáncer de hígado.



Ernesto Zeivy **Renio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Osmio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Es el más denso de todos los elementos metálicos y muy escaso, tanto así que el precio de una onza es casi tan caro como el de una de oro. Es un metal raro, brillante, muy duro, de tonalidades blanquecino-azuláceas. Pertenece al grupo del platino, y entre ellos es el que posee el punto de fusión más alto y se evapora a la presión más baja. No existe en forma pura natural; sólo podemos encontrarlo en rocas de platino y en un mineral llamado osmiridio, el cual, como su nombre lo indica, es una aleación natural de osmio e iridio. También está presente en la iridomina. En términos industriales, se obtiene como producto secundario en el proceso de refinamiento del níquel.

De todos los de su grupo, es el que más rápido reacciona con el aire, produciendo un olor característico, incluso a temperatura ambiente, que no es más que tetraóxido de osmio. Se trata de un compuesto sumamente tóxico que puede provocar ceguera. Una profunda inhalación de sus vapores irrita de tal manera los pulmones que lleva a la muerte. Sin embargo, debidamente empleado como catalizador es muy útil para los químicos, pues convierte un alqueno en diol (o glicol, compuesto de dos grupos hidroxilo, $-OH$). Si, mediante agentes biológicos, se transforma en dióxido de osmio, puede usarse para teñir tejidos que serán examinados al microscopio.

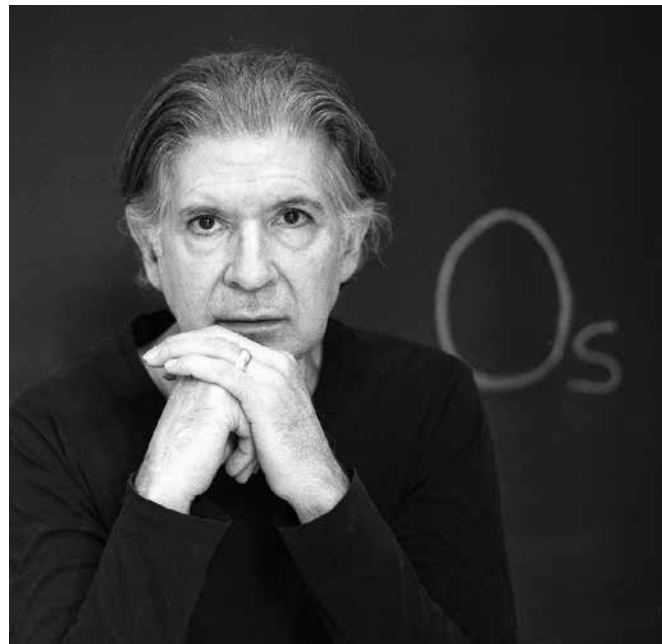
En 1803, el británico Smithson Tennant disolvió una muestra de platino bruto en *aqua regia* (se le llama así a una mezcla de dos ácidos: clorhídrico y nítrico) y observó que no todo el metal se iba con la solución. El residuo era un polvo metálico, negruzco. En experimentos previos, algunos investigadores habían concluido que se trataba de grafito, aunque Tennant no quedó conforme y decidió proseguir sus pesquisas. Combinando procesos alcalinos y ácidos logró obtener dos metales nuevos. Uno de ellos despedía un olor penetrante, por lo que lo nombró recordando la palabra griega para "olor", *osme*.

Os

SÍMBOLO

76

NÚMERO ATÓMICO



HÉCTOR DE ANDA

Su dureza y dificultad para extraerlo lo tuvieron durante mucho tiempo alejado de las aplicaciones. Sin embargo, gracias a que es inerte y a su durabilidad, finalmente se le encontró uso en la fabricación de agujas de fonógrafos y plumas fuente. En la actualidad se emplea en contactos eléctricos. Una aleación de 90% de platino y 10% de osmio se usa para hacer marcapasos y en la sustitución de válvulas cardíacas. Su gran capacidad reflectiva en el rango de los rayos uv lo convierte en un elemento idóneo para construir espectrómetros con base en el espacio exterior, ya que permite prescindir de grandes espejos debido a las limitaciones que existen al llevarlos a su órbita.



Héctor de Anda **Osmio**

metal con proceso de oxidación, acrílico, tinta negro sudán iv y resina/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Iridio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal raro, duro, muy denso, el iridio posee un “esmerado brillo que lo embosca”, en palabras de José Gorostiza. Y es que lo llamamos así porque algunas de sus sales son coloridas y evocan el arcoíris. Junto con el osmio, es el elemento más denso, incluso más que el plomo, que presenta una densidad de 18 gramos por centímetro cúbico, mientras que la del iridio y el osmio es de 22 gramos.

Smithson Tennant se hizo conocido por sus contribuciones a la teoría alotrópica, a partir de la cual demostró que el carbón y los diamantes no eran más que dos formas distintas del mismo elemento: el carbono. Pero alcanzó la fama en 1803 al cazar dos pájaros de un tiro: mientras examinaba un trozo de platino en bruto, luego de haberlo disuelto en *aqua regia* (mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico), descubrió el iridio y el osmio.

Fue el elemento clave para entender la causa que provocó la extinción masiva de tantas especies al final del periodo Cretácico de la era Mesozoica, y que marcó el inicio de la era Cenozoica, hace unos 65 millones de años, pues en la capa geológica correspondiente se encontró una inusitada cantidad de iridio. Sabemos que este elemento se gesta en cometas y asteroides, no en la Tierra, por lo que es muy probable que uno de estos objetos haya impactado el planeta, precisamente en Chixculub, península de Yucatán, dando inicio, de esta trágica manera, el periodo Terciario que llega hasta nuestros días.

Si bien su toxicidad es muy baja, en forma de polvo puede ser irritante e inflamable. Se trata del metal más resistente a la corrosión y sale indemne al contacto con cualquier ácido. No obstante, cede ante sales fundidas, como las del cloruro de sodio (NaCl) y el cianuro de sodio (NaCN).

En combinación con el osmio se emplea como agente endurecedor de aleaciones de platino, así como para fabricar puntas de plumas y portacompasses. Isótopos radiactivos de este elemento son útiles en el tratamiento de ciertos tipos

Ir

SÍMBOLO

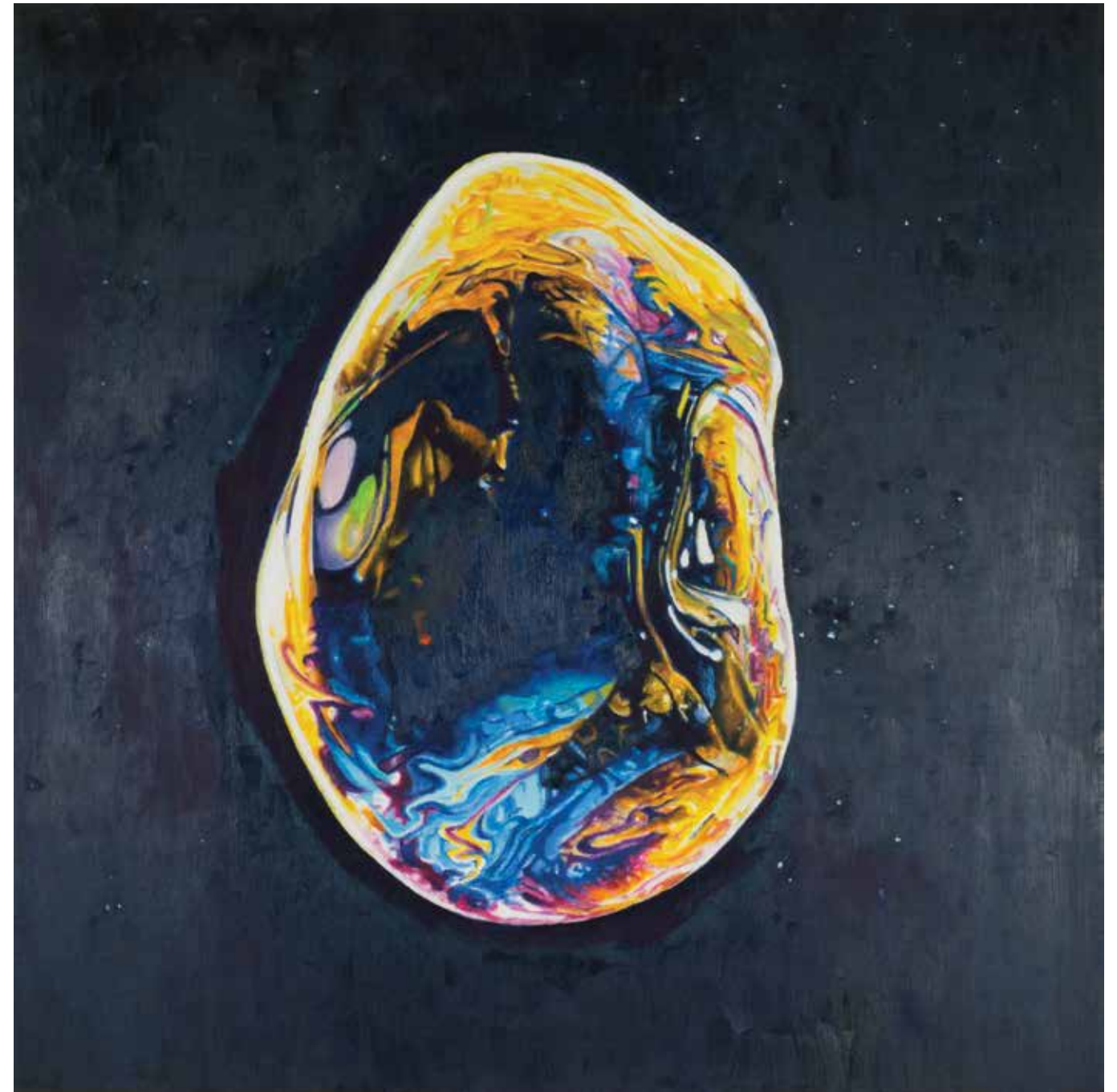
77

NÚMERO ATÓMICO



CLAUDIA GALLEGOS

de cáncer. Asimismo, sirve de base para hacer crisoles y otros utensilios que deben soportar altas temperaturas. Por la misma razón, es ideal en la fabricación de contactos eléctricos en ambientes industriales. Durante algún tiempo se usó una muestra de iridio para determinar la unidad estándar del kilogramo, la cual estaba constituida por un 90 % de platino y un 10 % de iridio.



Claudia Gallegos **Iridio**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Platino

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El platino ha intentado usurpar al oro como el metal máspreciado en nuestro imaginario. Una membresía platino, un anillo de platino, una medalla de este metal precioso es el paso siguiente a su homólogo áureo. Su protagonismo en la joyería contrasta con su utilidad más común: en la industria automotriz se usa para catalizar la combustión completa de los hidrocarburos. También es un catalizador popular en el laboratorio para producir ácido nítrico, benceno y silicona.

Las civilizaciones prehispánicas de Sudamérica conocían el platino y lo utilizaban en aleación con el oro, pero a pesar de su conocimiento sofisticado del metal, se adjudica su descubrimiento al español Antonio de Ulloa, quien lo describió por primera vez en términos científicos durante su estancia en Ecuador.

El platino es un metal noble por su alta resistencia a la corrosión, y su extrema rareza lo hace ser muy apreciado. Su estabilidad es la razón por la que fue elegido como el material para la fabricación del estándar de kilogramo, en 1889, mediante el cual se definió la unidad de masa internacional por más de un siglo, hasta el año 2019. A partir de entonces el kilogramo se define por la constante de Planck. Es también un elemento brillante, pues se ha encontrado que algunos compuestos de platino pueden ser luminiscentes, es decir, emiten luz. Esta propiedad se ha explorado para la fabricación de diodos y el diseño de sensores químicos.

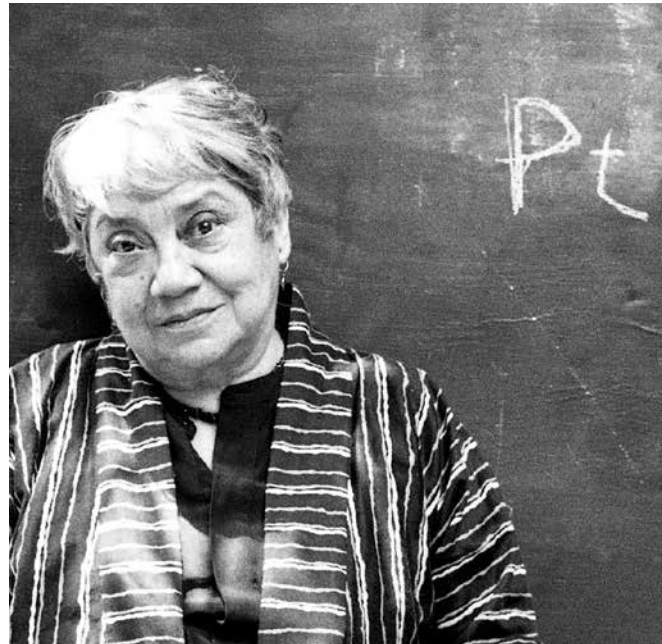
El cisplatino es un compuesto de platino utilizado como medicamento en quimioterapia desde el final de la década de 1970. Es valioso en el tratamiento de diferentes cánceres gracias a su capacidad de platinar el ADN, lo que interfiere en el proceso de la replicación y, como consecuencia, mata las células de rápida proliferación. Su extenso estudio ha llevado a la producción de medicamentos de nueva generación como carboplatino y oxaliplatino, y el diseño de moléculas avanzadas fotosensibles que se usan en la terapia fotodinámica.

Pt

SÍMBOLO

78

NÚMERO ATÓMICO



IRMA PALACIOS



Irma Palacios **Platino**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Oro

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

En su libro de memorias *Los buscadores de oro*, Augusto Monterroso, uno de los grandes escritores de lengua española del siglo xx, dice no saber mucho de biología, pero sostiene que, por línea inglesa directa, todos descendemos de Darwin. De manera análoga, por línea rusa directa, todo lo que somos, todo aquello que poseemos proviene de Mendeléyev. A pesar de haber sido descubierto en fechas inmemoriales, el oro —el amarillo por excelencia— terminó por ocupar su lugar preciso en la tabla del reino periódico.

Como pocos, el oro se presenta en estado casi puro en la naturaleza, por lo que nadie puede reclamar su hallazgo. A menudo se encuentra en depósitos donde también hay cobre y plomo. Y si bien las cantidades de oro que se obtienen como producto secundario al refinar dichos elementos son muy pequeñas, es fácil recuperarlas. Sin embargo, nunca se han hallado grandes depósitos del metal áureo. No obstante, se conocen dos clases de sitios donde hay alguna cantidad notable: las venas hidrotérmicas, asociadas al cuarzo y a la pirita (conocida como el oro de los tontos), y los depósitos aluviales. En raras ocasiones se ha encontrado oro junto con telurio, selenio o bismuto. Prácticamente no existen compuestos de oro con aplicaciones prácticas, excepto para el refinamiento del propio elemento. Sin embargo, cierta solución de oro se emplea como precursor de tintas para decorar cerámicas, vidrio y plástico, así como para la industria solar y de electrónicos. Tintas a base de nanopartículas de oro podrán ser usadas en un futuro cercano para almacenamiento de datos, memorias de computadora y sensores fotovoltaicos. Es uno de los elementos más densos, tanto así que con apenas 28 gramos podemos obtener una lámina tan delgada como una hoja de unos diecisiete metros cuadrados. El único isótopo que existe naturalmente es el ¹⁹⁷oro.

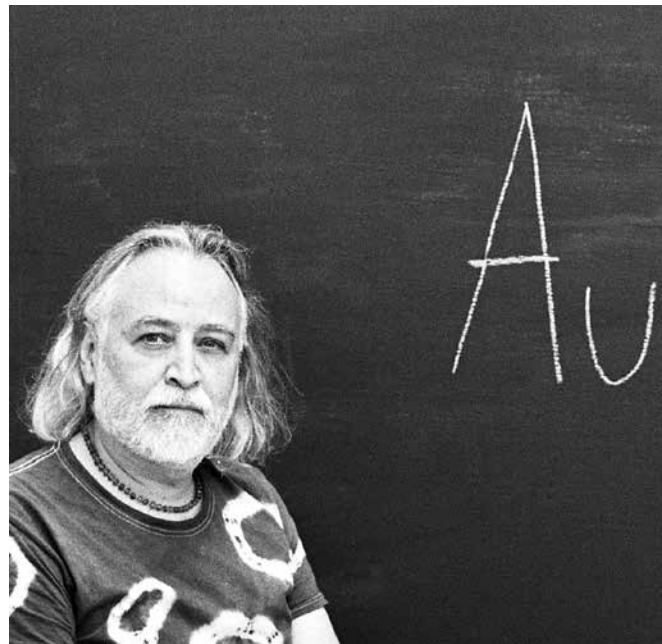
No existe un elemento más adorado, codiciado, admirado, vituperado, atesorado en la historia de la humanidad. Sus extraordinarias propiedades lo llevaron a convertirse no sólo

Au

SÍMBOLO

79

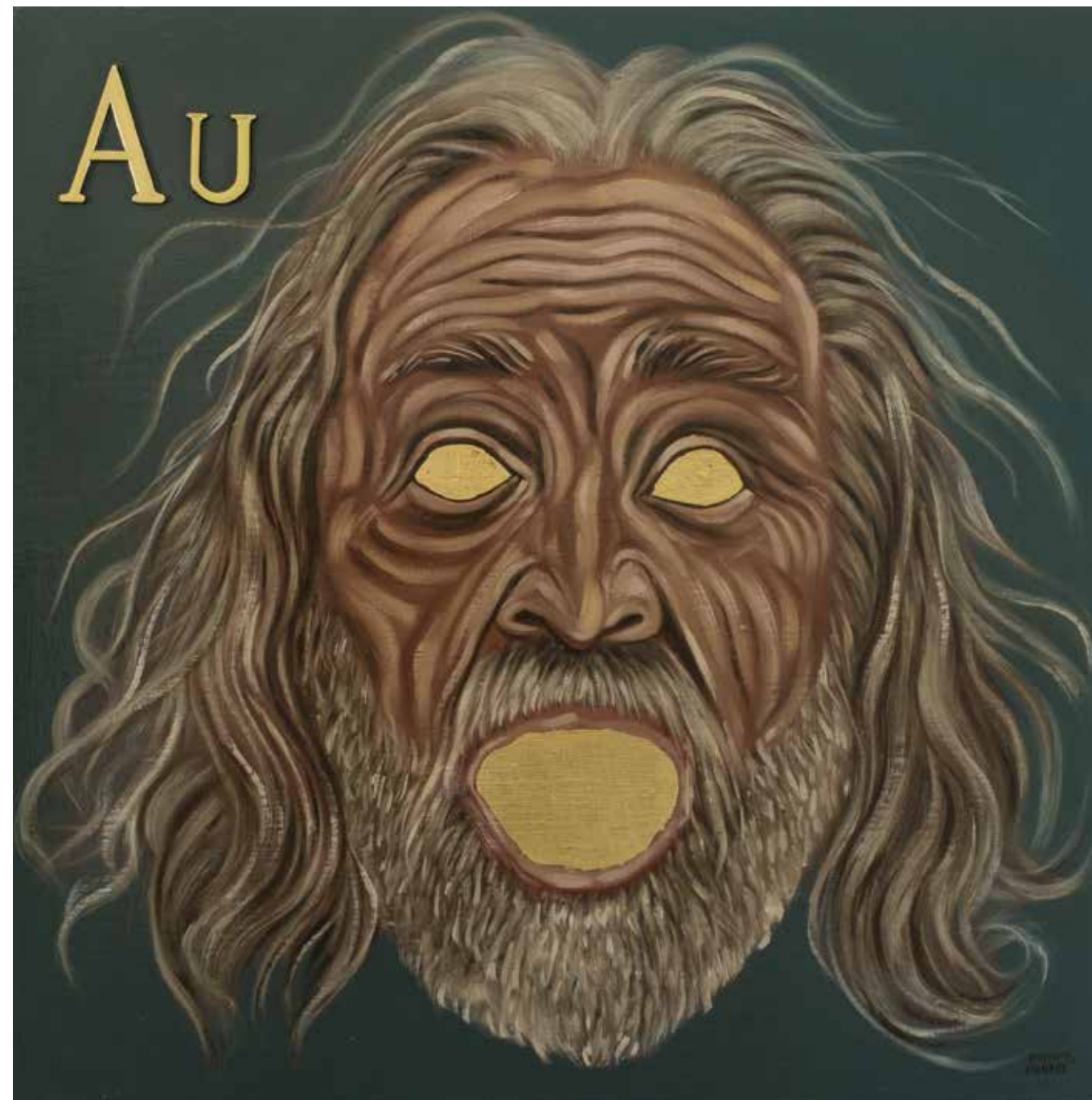
NÚMERO ATÓMICO



GUSTAVO MONROY

en un valor de cambio desde hace miles de años, sino en un símbolo de poder. Destaca su durabilidad sin sufrir cambios. Empero, reacciona fácilmente con halógenos o con soluciones que contengan o generen cloro, como el *aqua regia*.

Piezas admirables que muestran el refinado trabajo de los artesanos con este elemento dúctil, maleable como ninguno, se conservan en museos del mundo, procedentes de culturas antiguas como la egipcia, la minoica, la asiria y la etrusca. Es uno de los consentidos de la joyería fina y las artes decorativas. Entre 1492 y 1600 se extrajeron de las minas americanas más de 225 000 kilogramos. Durante los siglos xvii y xviii, las minas de Colombia proveyeron de oro al mundo. Rusia ha sido un productor importante de oro. En el siglo xix, cuando comenzaron a proliferar las monedas de papel, el oro funcionó como garantía. De hecho, aún es una medida que indica la salud de las finanzas de las naciones y de sus sistemas bancarios.



Gustavo Monroy **Oro**

óleo y letras de plástico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Mercurio

NOMBRE

Líquido

ESTADO FÍSICO

De color plateado, brillante, el mercurio es el único metal que se presenta en estado líquido a temperatura ambiente y presión normal. Sólo el bromuro, que es un halógeno, se comporta de manera similar. Cabe hacer notar que otros metales —el rubidio, el cesio y el galio— también se vuelven líquidos a temperaturas cercanas a un ambiente de 20 °C en promedio. El mercurio es inerte frente a la mayoría de los ácidos. Su configuración electrónica le permite actuar como si se tratara de un gas noble, ya que, al igual que éstos, establece enlaces relativamente débiles con otros elementos. Existe en pocas cantidades sobre la superficie del planeta, sobre todo dentro del mineral llamado cinabrio (sulfuro de mercurio).

Como se le conoce desde hace unos cuatro mil años, no se sabe quién lo descubrió. Durante mucho tiempo el pigmento de tonalidades rojas, anaranjadas, conocido como bermellón, se extrajo del cinabrio, mineral rojo purpurino que, debido a su dureza, debe molerse una y otra vez para alcanzar la intensidad naranja rojiza que se desea. Ignorantes de los riesgos a la salud por el mercurio y azufre contenidos, los antiguos indios, chinos y egipcios lo utilizaron en la preparación de textiles y pinturas. Los romanos llegaron a añadirlo a los lápices de labios. Los pintores del Renacimiento y del Barroco pulverizaban incansablemente sulfuro de mercurio en busca del matiz perfecto. Eso no es lo peor: durante siglos se le atribuyeron propiedades curativas.

No hay otro elemento de la tabla que conserve su nombre original. Los alquimistas del siglo VI, quienes creían que formaba parte de la piedra filosofal, lo llamaron así para evocar al dios romano, el campeón de los inquietos, si bien desde hacía mucho tiempo se le conocía con un segundo nombre: azogue. Su símbolo, Hg, apela a la referencia que Aristóteles hizo del mercurio en el siglo IV a. C.: *hydro-argyros*, esto es, “plata acuosa”.

Existen rarísimas aleaciones naturales del mercurio: con plata (en la moschellandsbergita), con paladio (en la potarita)

Hg

SÍMBOLO

80

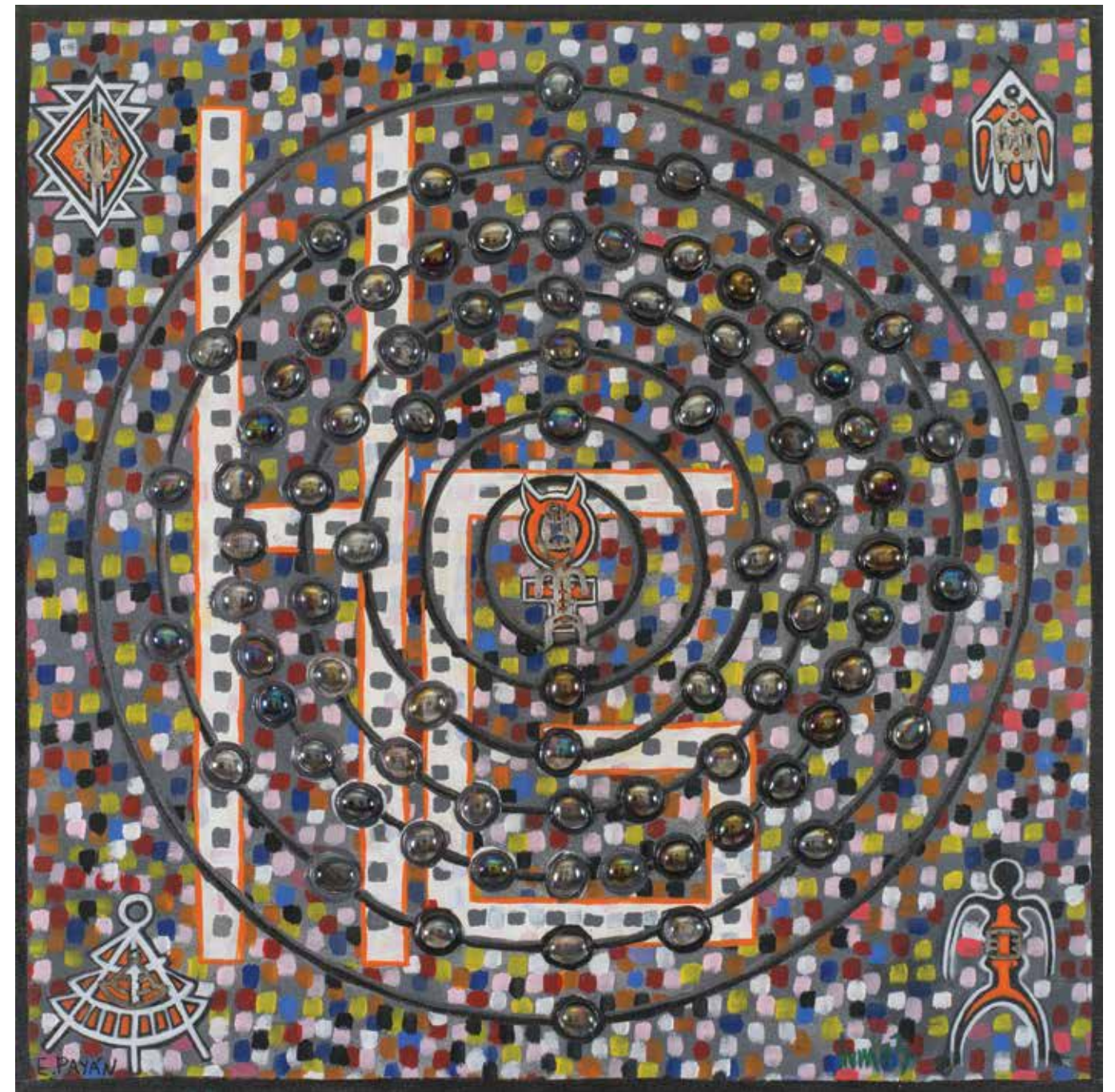
NÚMERO ATÓMICO



EMILIO PAYÁN Y LIVMA ZACARÍAS FARAH

y con oro, el cual le otorga un tono dorado. La amalgama con este último elemento se emplea en la industria dental. También acepta estaño, cobre y zinc. Es tan resbaloso al contacto con el vidrio y se expande de manera tan uniforme que se usó en termómetros hasta antes de la era digital. Por su alta densidad y baja presión de vapor se utilizó en manómetros y barómetros. Es buen conductor de la electricidad, por lo que se incluye en interruptores y repetidores eléctricos sellados.

Cuando se aplica una descarga eléctrica a vapor de mercurio contenido en un tubo (o bulbo) con sílice fundido, se produce un resplandor azulado en el rango del ultravioleta. Este fenómeno se aprovecha para hacer lámparas fluorescentes, de luz ultravioleta y de vapor de mercurio sometido a alta presión. Una buena cantidad de mercurio se emplea en la preparación de fármacos, así como en fungicidas de interés agrícola e industrial.



Emilio Payán y Livma Zacarías Farah **Mercurio**

acrílico y collage/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Actinio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal blanco de tonalidades plateadas, suave, el actinio es particularmente radiactivo, tanto que en la oscuridad despi- de una luz azul brillante. Su presencia en la superficie terres- tre es muy escasa y, podría decirse, se “esconde” detrás del radio. De hecho, se llaman igual, pues radio proviene de *ra- dium*, la palabra latina para designar un “rayo”, mientras que actinio se deriva de *aktis*, vocablo que lo nombra en griego. También se encuentra en los mismos minerales de los que se extraen el uranio y el radio. Se conocen más de veinte isóto- pos, la mayoría de ellos creados artificialmente en acelerado- res de partículas. Todos son radiactivos. Los de origen natural son dos: ²⁷⁷actinio y ²²⁸actinio. Mientras que la vida media del primero es de 21.77 años, el segundo existe apenas 6.13 horas. Hasta donde se sabe, nadie ha preparado actinio total- mente puro. Muestras con una pureza del 98 % sólo se em- plean en investigación básica y radioterapia. Por tanto, el actinio no tiene aplicación comercial.

Si consideramos que la tabla de los elementos no es un esquema, sino, como propone el químico de Oxford sir Peter Atkins, un mapa de navegación por la corteza de nuestro pla- neta, observaremos, de izquierda a derecha, una zona orien- tal que podemos llamar Rectángulo del Este, la cual, en su parte superior, comienza con el litio y el berilio, y termina en su extremo inferior con el francio y el radio. Enseguida apa- rece una “depresión”, un istmo que da inicio con el escandio y el ytrio. Su frontera la forman el zinc, el cadmio y el mercurio. Limítrofe de esta región es el Rectángulo del Oeste, que abarca desde el hidrógeno hasta el radón. Sin embargo, en el sur del Istmo, entre el bario y el hafnio, se abre una península formada por los lantánidos y los actínidos, estos últimos lla- mados así por su estructura parecida al actinio. El comporta- miento químico de este elemento asemeja, a su vez, al lantano y demás tierras raras.

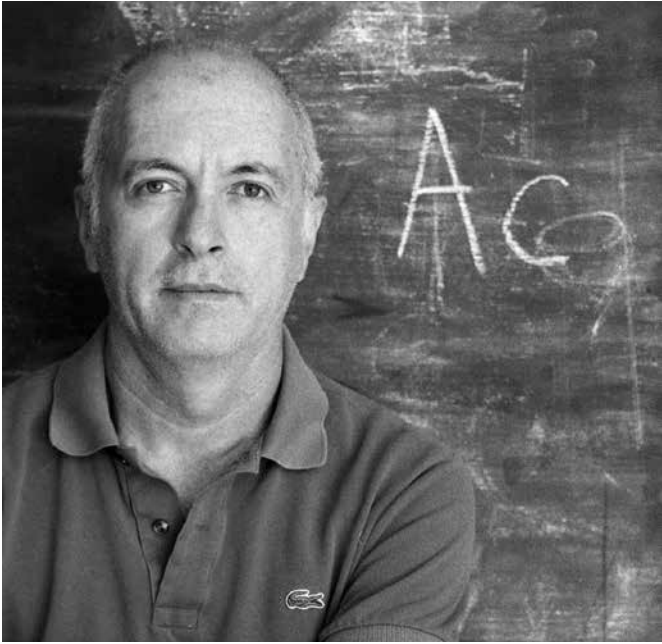
El actinio fue uno de los cuatro elementos radiactivos que se descubrieron hacia fines del siglo XIX y el umbral del XX. El

Ac

SÍMBOLO

89

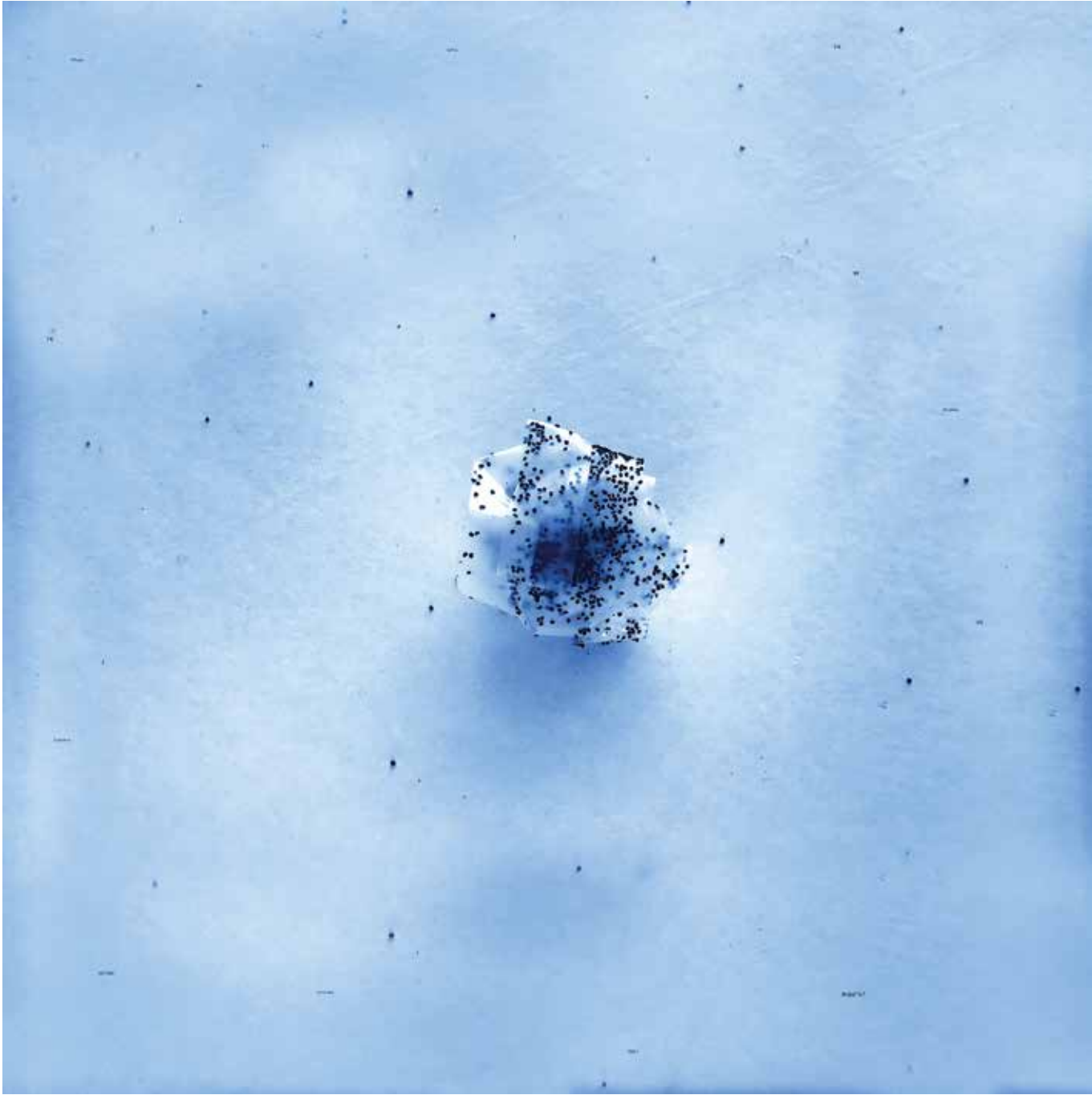
NÚMERO ATÓMICO



ÉDGAR LADRÓN DE GUEVARA

polonio y el radio fueron encontrados por el matrimonio Curie en 1898. El año siguiente, un amigo cercano a ellos, André De- bierne, volvió a escudriñar en las entrañas del mineral llamado pechblenda y develó la identidad del actinio. El cuarto elemen- to, el radón, fue hallado en 1900 por Friedrich Ernst Dorn.

Podemos considerar el siglo XIX como una época gloriosa en el conocimiento profundo y ordenado de los elementos químicos. Mendeléyev elaboró la tabla, muchos se lanzaron a la aventura de rellenar los huecos y lo consiguieron. Sin em- bargo, no hay duda de que las primeras décadas del siglo XX fueron aún más emocionantes, realmente maravillosas, pues significaron la construcción de puentes insospechados en- tre la ciencia de las transformaciones (la química) y la física de las partículas subatómicas. El actinio fue la primera loca- lidad de un territorio ignoto en el que sólo algunos avezados sobrevivirían para contarlos.



Édgar Ladrón de Guevara **Actinio**

impresión digital cromogénica/papel metálico/madera, 60 × 60 cm, 2019

Rutherfordio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

El rutherfordio es el primero de los elementos súper pesados, los cuales trascienden el territorio de los actínidos o actinoides. Dado que es artificial y no se han creado más que algunos microgramos, se supone que debe presentarse en forma sólida, metálica, y que sus propiedades químicas podrían ser similares a las del hafnio. Se conocen quince isótopos, todos ellos inestables. El más duradero de ellos, ²⁶⁷rutherfordio, tiene una existencia media de 1.3 horas. Cabe aclarar que la vida media de un elemento radiactivo es un cálculo promediado del tiempo que transcurre para que cada uno de sus átomos se desintegre. Una forma de conocer la estabilidad de dichos isótopos es calcular el lapso en el que se desintegra la mitad de los átomos de una muestra. Dicho de otra manera, es el tiempo que un núcleo radiactivo puede permanecer sin transformarse en otro.

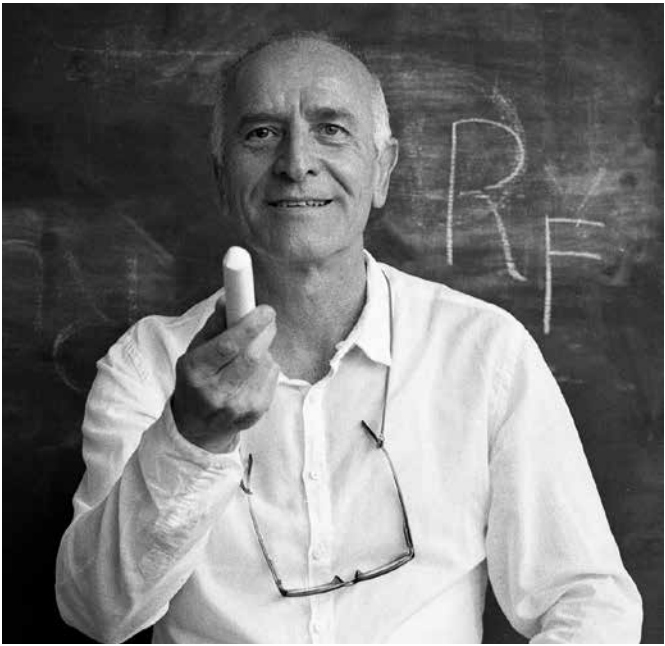
Su descubrimiento, al igual que el de otros elementos artificiales, fue objeto de disputa. En 1964, un grupo de investigadores de la extinta Unión Soviética, que laboraban en el Instituto de Investigaciones Nucleares localizado en la ciudad rusa de Dubna, anunciaron el bombardeo de un isótopo del plutonio, ²⁴²plutonio, con iones de neón, ²²neón, asegurando haber creado un isótopo del elemento 104, cuya masa era de 260 y tenía una vida media de 0.3 segundos. Incluso declararon que habían llevado a cabo una serie de pruebas químicas a fin de comprobar que éste se comportaba como se esperaba. Lo llamaron kurchatovio, en memoria del físico nuclear ruso Igor Kurchatov. Cinco años más tarde, otro grupo —éste en el Laboratorio de Radiación Lawrence, de la Universidad de California en Berkeley— anunció la creación no de uno, sino de varios isótopos, distintos al hallado en Dubna. Dado que no podían acelerar iones de neón a la energía necesaria, entonces bombardearon californio, ²⁴⁹californio, con iones de carbono, ¹²carbono y ¹³carbono. En el primer caso obtuvieron un isótopo con masa de 257 y vida media de 4.5 segundos, mientras que en el segundo crearon

Rf

SÍMBOLO

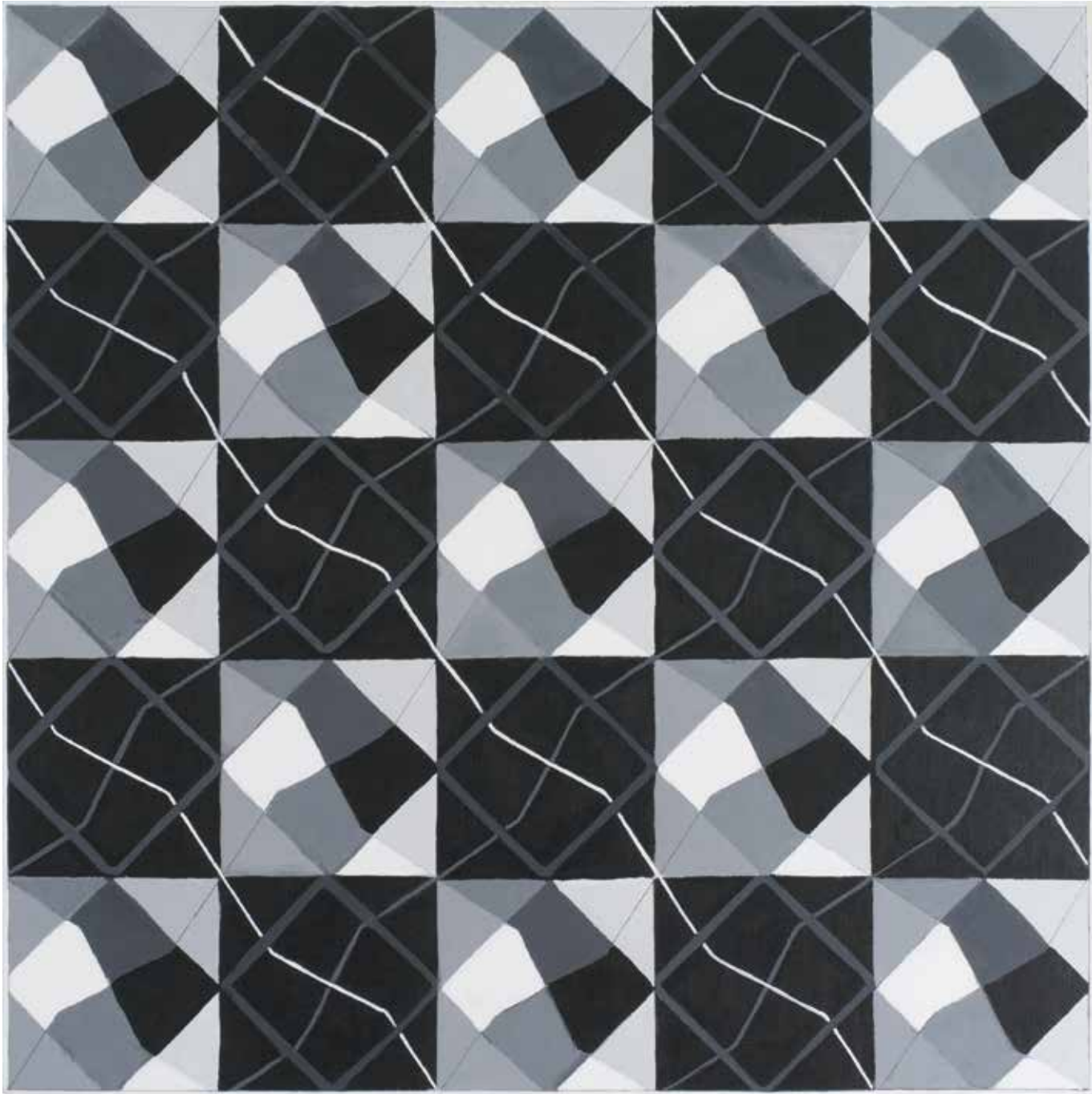
104

NÚMERO ATÓMICO



ARMANDO CONTRERAS

un isótopo con masa de 259 y vida media de tres a cuatro segundos. Asimismo, bombardearon curio, ²⁴⁸curio, con oxígeno, ¹⁸oxígeno, y así consiguieron sintetizar un tercer isótopo del elemento 104, cuya masa era de 261 y vida media de 70 segundos. Además, los investigadores de Dubna sólo pudieron crear unos cuantos átomos de su isótopo, a diferencia del grupo de Berkeley, que produjo varios miles. Propusieron que se le nombrara rutherfordio para recordar a uno de los más ilustres cazadores de partículas atómicas, el británico Ernst Rutherford, lo cual fue aceptado por la Unión de Química Básica y Aplicada.



Armando Contreras *Rutherfordio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Dubnio

NOMBRE

Probablemente sólido

ESTADO FÍSICO

Se supone que el dubnio es un metal sólido, si bien nadie lo sabe porque apenas se han creado cantidades infinitesimales de este elemento radiactivo. Aun así, se conocen diversos isótopos, el más estable de ellos con una vida media de 32 horas. Vale la pena aclarar que, en el caso de los elementos que se encuentran en la naturaleza, su peso atómico se calcula promediando los pesos de todos sus isótopos de acuerdo con su abundancia. En el caso de los elementos transuránidos producidos por los seres humanos no se cuenta con esta abundancia natural. Por tanto, la Unión Internacional de Química Básica y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés) determinó que se usara el peso atómico del isótopo más duradero para representar cada elemento en la tabla periódica. Esto significa que los números atómicos son provisionales, pues existe la posibilidad de que, en el futuro, se obtenga un nuevo isótopo con una vida media más larga, con lo que cambiaría el número atómico.

Al igual que con otros elementos vecinos, el dubnio fue objeto de disputa entre investigadores de la desaparecida Unión Soviética y de Estados Unidos. En 1967, un grupo conducido por Georgy Flerov en el Instituto de Investigaciones Nucleares, localizado en la ciudad rusa de Dubna, bombardearon un isótopo de americio, ²⁴³americio, con iones de neón, ²²neón. Anunciaron haber creado dos isótopos del elemento 105 —el 260 y el 261— con una vida media de 0.1 y tres segundos, respectivamente. Contra la costumbre de encontrarle de inmediato un nombre, los investigadores de Dubna no lo hicieron, lo cual despertó sospechas sobre su hallazgo. Adujeron que necesitaban producir más material a fin de conocer sus propiedades físicas y químicas. Entonces lo llamaron “nielsbohrio”.

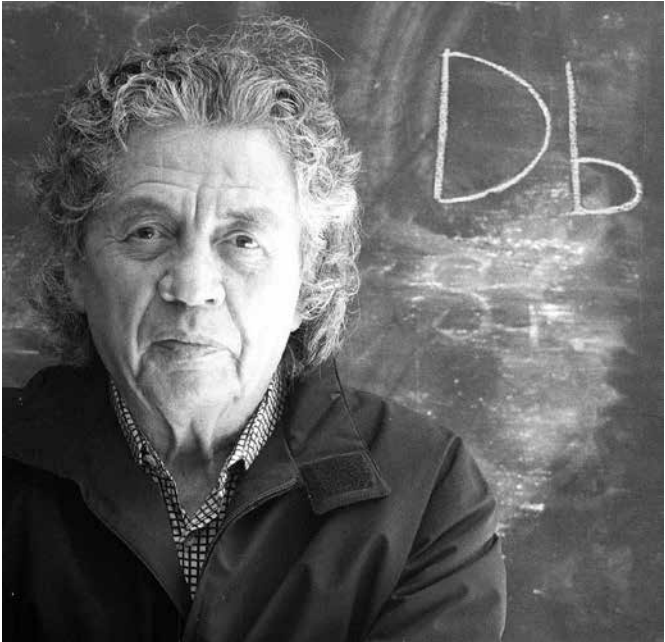
En 1970, un grupo perteneciente al Laboratorio de Radiación Lawrence, en Berkeley, California, a cargo de Albert Ghiorso, anunció la síntesis del isótopo 260, y propuso nombrarlo “hahnio” en memoria del descubridor de la fisión

Db

SÍMBOLO

105

NÚMERO ATÓMICO



PABLO AMOR

nuclear Otto Hahn. El equipo estadounidense no pudo replicar el experimento de Dubna, por lo que emplearon un isótopo del californio, ²⁴⁹californio, con iones de nitrógeno, ¹⁵nitrógeno. Así consiguieron el isótopo 260 de este elemento inédito. Incluso pudieron medir la cantidad de energía que emitía al decaer y los elementos que generaba durante tal proceso. Para sorpresa de todos, sus características eran muy distintas a las de todos los elementos conocidos y confirmaban los hallazgos del grupo soviético. Finalmente, la IUPAC decidió reconocer el trabajo realizado en Dubna y lo nombró en consecuencia.



Pablo Amor *Dubnio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Seaborgio

NOMBRE

Probablemente sólido

ESTADO FÍSICO

De naturaleza artificial, se supone que el seaborgio debería ser un metal sólido si se produjera en cantidades suficientes. Al igual que el resto de su grupo, es radiactivo y no se conoce en ninguna otra parte del Universo. Se ha generado una docena de isótopos, de los cuales el más estable es el ²⁷¹seaborgio, cuya vida media es de alrededor de 130 segundos.

Su descubrimiento fue reclamado en 1964 por dos grupos: uno del Instituto de Investigaciones Nucleares ubicado en la ciudad rusa de Dubna, entonces perteneciente a la Unión Soviética, y otro en Estados Unidos, en la Universidad de California en Berkeley. En junio de ese año, los soviéticos anunciaron la creación, en el acelerador circular o ciclotrón de dicho instituto, del elemento 106, en particular el isótopo 259, luego de bombardear isótopos de plomo, ²⁰⁶plomo, ²⁰⁷plomo y ²⁰⁸plomo, con iones de cromo, ⁵⁴cromo. Procedieron a examinar con detalle las laminillas que habían colocado alrededor del objetivo a ser bombardeado y pudieron reconocer los rastros que dejaron los átomos cuando se fisionaron en su actividad radiactiva.

En septiembre del mismo año, el equipo estadounidense, dirigido por Albert Ghiorso, bombardeó un isótopo del californio, ²⁴⁹californio, con iones de oxígeno, ¹⁸oxígeno, en el acelerador lineal de iones súper pesados de dicha universidad. Fue hasta 1993 cuando la Unión Internacional de Química Básica y Aplicada resolvió otorgar la primacía indiscutible al equipo de Estados Unidos. Se pensó que era justo nombrarlo seaborgio para honrar el trabajo del químico Glenn Theodore Seaborg, premio Nobel en 1951 por su contribución a la química del siglo xx. Seaborg participó de manera decisiva junto con los equipos de investigadores que descubrieron ocho elementos de la tabla periódica, a saber: americio, plutonio, nobelio, mendelevio, berkelio, californio, curio y torio. De hecho, se trata del único elemento que ha recibido el nombre de una persona mientras ésta aún estaba viva.

Sg

SÍMBOLO

106

NÚMERO ATÓMICO

CÉSAR MARTÍNEZ

Hijo de inmigrantes suecos, Seaborg obtuvo su doctorado en Berkeley, donde hizo toda su carrera como descubridor y, años más tarde, como rector de ese campus. Una de sus colaboraciones con el físico Jack Livingood le permitió aislar un isótopo radiactivo del yodo, ¹³¹yodo, y de esa manera salvar a su madre de una muerte prematura. Hoy en día sigue empleándose para el diagnóstico y tratamiento de ciertos desórdenes en la tiroides. Una de las aportaciones fundamentales de Seaborg, que revolucionó la tabla periódica de Mendeléyev de 1869, fue la introducción del concepto de actinoide, esto es, elementos que deberían comportarse en forma semejante al actinio, así como sucedía con los catorce elementos más pesados que el lantano, los llamados lantanoides o tierras raras. Fue así como se amplió el horizonte de la realidad elemental.



César Martínez *Seaborgio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Bohrio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

Metal de transición artificial, radiactivo, la rareza del bohrio lo convierte en una genuina curiosidad científica, sin ninguna aplicación en las diversas actividades humanas dado que nunca se ha acumulado suficiente material para estudiar cabalmente sus propiedades.

En alguna ocasión, sir Derek Barton, Premio Nobel de Química de 1969, comentó que una de las empresas más emocionantes de esta disciplina científica había sido el puente construido hacia y desde la física de los átomos. La creación de elementos que no existen en la naturaleza y la recreación de algunos que sólo se encuentran en los hornos estelares es uno de los logros trascendentales en la comprensión profunda de la tabla periódica.

El bohrio debe su nombre al genial físico teórico Niels Bohr, quien obtuvo el Premio Nobel de Física en 1922 por sus contribuciones paradigmáticas en el entendimiento de la estructura atómica y de los primeros pasos en la mecánica cuántica. Su Instituto de Física Teórica, en la ciudad de Copenhague —en las instalaciones de la cervecería Carlsberg, pues era patrocinado por el dueño, a principios del siglo xx— es una leyenda en el viaje al interior del átomo.

Si bien el equipo ruso que laboraba en el acelerador de Dubna —el mismo que descubrió el dubnio y el seaborgio— informó de su existencia en 1976, no fue sino hasta cinco años después que otro equipo, en Alemania, consiguió sintetizarlo. Desde su creación, en 1981, en el Instituto de Investigación en Iones Pesados de la ciudad de Darmstadt, se han producido apenas unos cuantos átomos de bohrio, que ni siquiera alcanzan a pesar nanogramos. Se desintegra muy rápidamente y emite en ese proceso partículas alfa. Es probable que se trate de un metal sólido, al menos así lo sugieren los diez isótopos creados hasta ahora, de los cuales el más estable es el $^{270}\text{bohrio}$, cuya vida promedio es de un minuto.

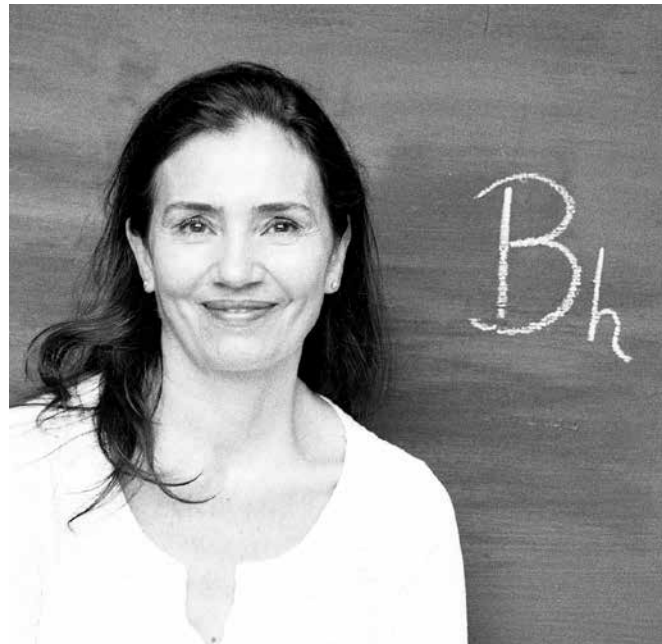
Lo que hicieron por primera vez en Darmstadt fue bombardear el isótopo $^{209}\text{bismuto}$ con núcleos acelerados de

Bh

SÍMBOLO

107

NÚMERO ATÓMICO



GABRIELA AGUIRRE

$^{54}\text{cromo}$. Así obtuvieron cinco ejemplares de un nuevo isótopo: $^{262}\text{bohrio}$. Para los pocos investigadores que fueron testigos de su efímera existencia, dirigidos por los físicos Peter Armbruster y Gottfried Münzenberg, el evento habrá sido, en palabras de Octavio Paz, “un torbellino de las formas que todavía no alcanzan su forma”.



Gabriela Aguirre **Bohrio**

acrílico, pastel, grafito, cera y óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Hassio

NOMBRE

Probablemente sólido

ESTADO FÍSICO

Que las propiedades químicas de los elementos se repitan con un cierto periodo en el número de protones es un aspecto fundamental para la química. El hidrógeno, con 1 protón en su núcleo, presenta propiedades parecidas al litio, que tiene 3; al sodio, que tiene 11, y al potasio, que tiene 19. Esto ha quedado plasmado en la tabla de los elementos formada por columnas que comparten las mismas características.

Entre los elementos artificiales, el hassio es de los pocos cuyas propiedades químicas han sido estudiadas. Hacerlo es de particular relevancia porque, en algún momento, la periodicidad podría terminar. Es crucial y de gran interés la posibilidad de encontrar una desviación de la periodicidad química que señale el comienzo de un mundo distinto.

Y es que cuando el número de protones en el núcleo es muy alto, los electrones que lo circundan se ven afectados por la carga positiva grande. Entonces, la fuerza electromagnética puede inducir un comportamiento diferente al que tienen los átomos en la misma columna. Este colapso de la periodicidad sería una confirmación de los modelos cuánticos relativistas del átomo.

Para hacer estudios químicos con el hassio se usaron originalmente siete átomos que fueron generados en la forma de sus isótopos 269 y 270. Se pudo observar que los átomos se oxidan rápidamente para formar una molécula en la que el hassio se liga a cuatro átomos de oxígeno. Midiendo algunos parámetros de esta molécula se encontró que posee las mismas características que el tetróxido de osmio. Esto es lo que se esperaba, porque el osmio es el elemento que está en la misma columna de la tabla periódica.

El isótopo más estable del hassio tiene una vida de diez segundos. Hacer estudios químicos con tan pocos átomos y en tan poco tiempo es, pues, todo un reto tecnológico.

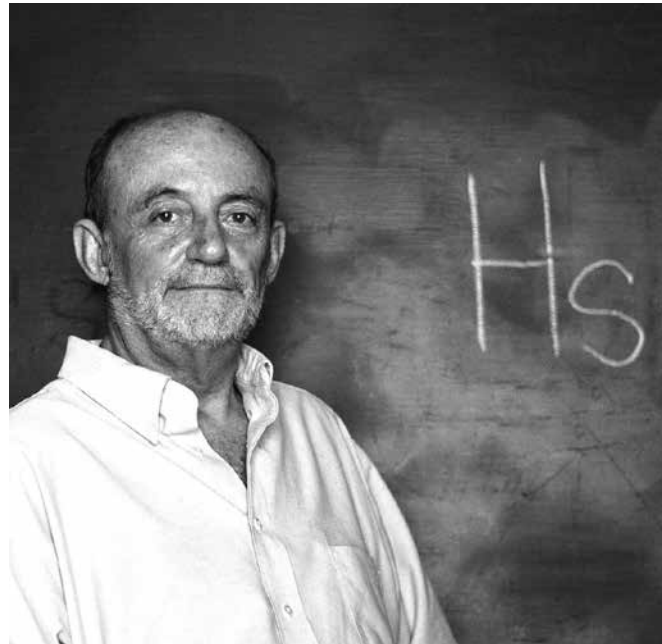
El osmio es el elemento natural más denso que existe. Si el hassio fuera abundante, quizá lo superaría en densidad. El osmio es también un metal precioso que se usa en joyería

Hs

SÍMBOLO

108

NÚMERO ATÓMICO

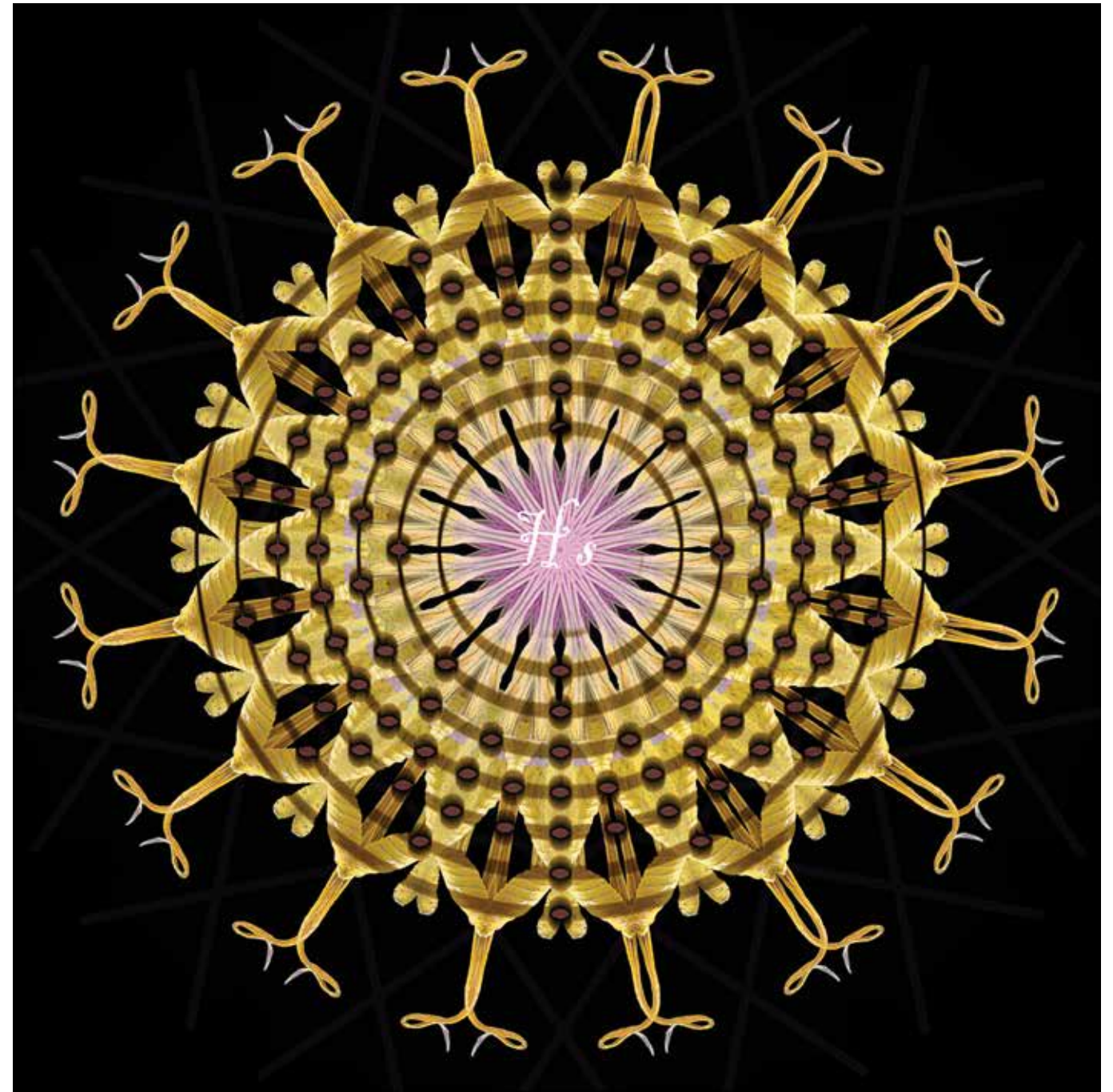


JUAN SAN JUAN

por sus propiedades particulares: es resistente a la abrasión porque tiene una dureza parecida a la del diamante.

Después de los estudios de la química del hassio podemos pensar que, de tenerlo en abundancia, sería muy parecido a esto. Si al osmio se le conoce como “el más bello de los metales preciosos”, ¿qué diríamos del hassio?

Es artificial y se desintegra muy pronto, pero, si llegase a existir un isótopo más estable, es probable que se le encuentre en muestras de osmio. De ser así, no obstante, apenas obtendríamos cantidades muy pequeñas. El estudio cuidadoso de la radiación que surge del osmio podría entonces revelar su presencia. Por eso ahora se busca con mediciones de radiación en minas profundas donde los rayos cósmicos no dificultan ni contaminan las mediciones.



Juan San Juan **Hassio**

fotografía y gráfica digital; inyección de tintas/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Meitnerio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

El meitnerio fue producido por primera vez en 1982, en el Centro para la Investigación de Iones Pesados (GSI, por sus siglas en alemán), que se localiza en Darmstadt, Alemania. Se acredita al grupo dirigido por Peter Armbruster y Gottfried Münzenberg el descubrimiento de éste y otros elementos pesados.

Para producirlo se dispararon iones de fierro contra un blanco de bismuto durante una semana. En el proceso se observó un solo átomo del elemento 109, en la forma de isótopo 266, esto es, un átomo formado por 157 neutrones y 109 protones. El nuevo elemento se desintegró en tan sólo cinco milisegundos, emitiendo una partícula alfa, que es un núcleo de helio formado por dos neutrones y dos protones.

De los varios isótopos del meitnerio, el más estable es el 278 (su núcleo está formado por 169 neutrones y 109 protones), cuya vida media es de 7.6 segundos. Aun cuando esto es un tiempo largo en comparación con el tiempo de vida de otros elementos artificiales pesados, no es posible estudiar sus propiedades químicas. Se especula que su comportamiento debe ser parecido al de los elementos del grupo 9, como el iridio. Se cree que podría ser sólido a temperatura ambiente y, posiblemente, un metal de apariencia plateada.

En 1994 se sugirió a la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) el nombre de meitnerio para este elemento químico. La sugerencia fue aceptada en 1997. De esta manera se reconoce el trabajo de la física Lise Meitner (1878-1968), quien contribuyó de manera importante al desarrollo de la física moderna. En 1918, junto con Otto Hahn, descubrió el elemento 91, al que se llamó protactinio y llenó el hueco en la tabla entre el uranio (92) y el actinio (89).

Lise Meitner fue nombrada profesora universitaria en 1928, aunque por el hecho de ser mujer y judía se le retiró de esa posición en 1933. Aunque ella no apareció como autora en la publicación en que se anunció la fisión nuclear, sí participó en su descubrimiento antes de salir de Alemania

Mt

SÍMBOLO

109

NÚMERO ATÓMICO



ESMERALDA TORRES

debido a la inminente persecución nazi. No obstante, publicó desde el exilio, junto con su sobrino Otto Frisch, una explicación del proceso nuclear en el que un neutrón colisiona con un átomo de uranio y hace que se produzca bario. En ese artículo se usó por primera vez la palabra “fisión” al evento en el que un núcleo se divide.

El meitnerio es el único elemento de la tabla que lleva el nombre de una mujer, si bien algunos dirían que el curio es otro, nombrado en honor a los esposos Curie (Pierre y Marie).

Lisa Meitner también fue codescubridora de la fisión nuclear del uranio y del torio, por lo cual Otto Hahn recibió el premio Nobel de Química en 1944.



Esmeralda Torres **Meitnerio (Ella-Meitnerio)**

pigmentos, temple, caseína, encausto, metal, acrílico y collage/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Cerio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Sir Peter Atkins es un destacado químico de la Universidad de Oxford, nombrado caballero del Imperio Británico por sus aportaciones a la enseñanza de esta disciplina científica. Sus libros de texto son muy conocidos entre la comunidad. En 1995 decidió publicar un libro para el lector común bajo el título de *The Periodic Kingdom. A Journey into the Land of the Chemical Elements*, inspirado por el cuento “The Vessel of Wrath”, del escritor británico de principios del siglo xx, William Somerset Maugham. En su libro, sir Peter propone adentrarnos en la tabla de los elementos como si pudiéramos viajar montados en un gran pájaro con el propósito de mirar un mundo del cual formamos parte, pero que no conocemos de manera profunda. Al igual que el viajero que reconoce el valor de cada sendero, de cada piedra, de cada planta, de cada gramo de aire, Sir Peter nos convence de que los elementos tienen su propia personalidad y de que cada región de la tabla es única.

Visto así, el cerio pertenece a una “isla” al sur del reino periódico. Se trata de un metal gris brillante, maleable, sumamente reactivo. Es el primero de los lantánidos, detrás del lantano, y el más abundante de la familia. Minerales como la allanita (también llamada orthrita), la monacita, la bastnasia, la cerita y la samarskita (esta última de naturaleza radiactiva) contienen cerio.

Fue descubierto en Suecia por Jöns Jacob Berzelius y Wilhelm Hisinger en 1803, así como por Martin Klaproth en Alemania, el mismo año. Si bien no lo pudieron aislar en su forma pura, encontraron dos estados de oxidación: uno que producía sales blancuzcas y otro que se presentaba en sales amarillento-rojizas. Lo nombraron así para recordar el asteroide Ceres, que había sido descubierto dos años antes por Giuseppe Piazzi. Al óxido de cerio lo llamaron “ceria”.

Se usa en las luces de arco de carbono, comunes en la industria cinematográfica, para iluminar escenarios, y en luminarias fosforescentes. El óxido de cerio se emplea como

Ce

SÍMBOLO

58

NÚMERO ATÓMICO



ROSA VELASCO

convertidor catalítico a fin de reducir las emisiones de monóxido de carbono que arrojan al ambiente los vehículos con motor de combustión interna. En polvo de escala nanométrica se añade al combustible diesel con objeto de reducir el humo carbonoso y, al mismo tiempo, mejorar el desempeño del motor. En óptica es muy útil para pulir cristal de manera fina y como decolorante.



Rosa Velasco **Cerio**

collage (papiers peints) y acrílico sobre papeles recortados/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Praseodimio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El praseodimio pertenece a los metales lantánidos. A temperatura ambiente se presenta en estado sólido. Tierra rara de color plateado, es suave, maleable, dúctil. Cuando entra en contacto con el aire forma una cubierta negruzca irregular, de aspecto descascarado, pero, a diferencia de otra clase de óxidos metálicos, esta capa no detiene la oxidación posterior del metal cubierto. La mayoría de las sales que suele formar son de color verde pálido, de ahí parte de su nombre, ya que *prasios* es la palabra griega para referirse al verde.

La otra parte del binomio proviene de la confusión suscitada durante cuatro décadas alrededor de su verdadera identidad. Y es que este elemento y otro fueron durante algún tiempo, en palabras del poeta portugués Cesare Pavese, “un país que ninguno ha nombrado”. En 1841, el químico sueco Carl Gustaf Mosander logró separarlo del cerio, junto con un residuo al que llamó “lantana”. Suponiendo que se trataba de algo aún más elemental —trazas oxidadas de una tierra rara—, los nombró “didimio”, pues en griego *didymos* quiere decir “gemelo”. Sin embargo, químicos como Per Teodor Cleve y Paul Émile Lecoq de Boisbaudran se mostraron escépticos y pensaron que no se trataba en realidad de un elemento, sino de una mezcla de lantanoides, muy difíciles de distinguir uno del otro.

Así pasaron cuarenta años, hasta que, en 1882, el checo Bohuslav Brauner demostró que, en efecto, su espectro atómico no correspondía al de un metal puro. Convencido de esto, tres años más tarde, el químico austriaco Carl Auer von Welsbach consiguió separar el didimio en dos sales que presentaban colores distintos, correspondientes a dos elementos diferentes. A los gemelos verdes los llamó praseodimio y neodimio.

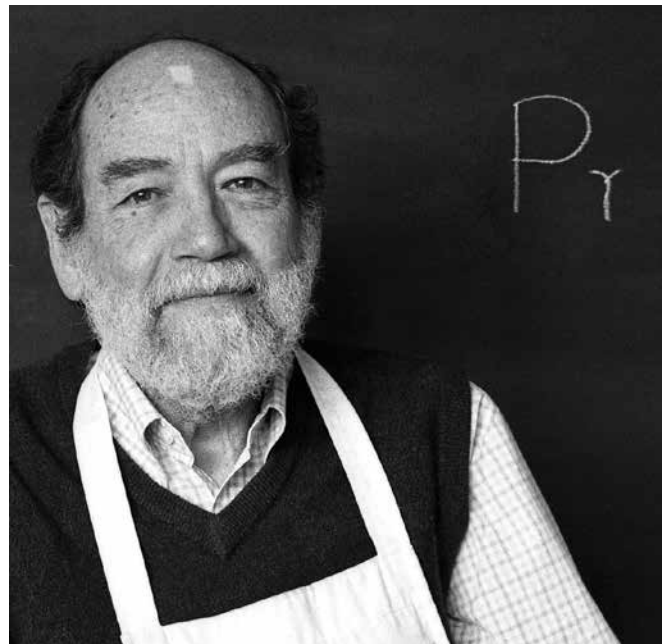
En la actualidad, la mayor parte del praseodimio proviene de arena de monacita mediante intercambio de iones, si bien es posible encontrarlo en la bastnasita. También se puede obtener mediante la reducción de calcio a partir de cloruro de

Pr

SÍMBOLO

59

NÚMERO ATÓMICO



CARLOS PELLICER LÓPEZ

flúor anhidro. Debido a su suavidad, maleabilidad y ductibilidad y, no obstante, notable fortaleza, se utiliza en aleaciones con magnesio a fin de crear estructuras confiables en la construcción de motores de aviones. Asimismo, constituye al menos el 5 % del metal de Misch, una aleación de tierras raras que se produce en forma comercial desde 1900, y en la que aproximadamente la mitad está formada de cerio, 40 % de lantano y pequeñas cantidades de otros lantanoides. Sus propiedades la hacen útil en procesos de ignición, por lo que se usa en dispositivos que basan su encendido en esta clase de piedra. Un color amarillo intenso se consigue al agregar este elemento en cerámica y esmaltes. También es importante su contribución en aleaciones con otros metales para la fabricación de imanes poderosos. Incluso se ha usado en gemas falsas para simular la olivina, característica natural del peridoto.



Carlos Pellicer López **Praseodimio**
encáustica/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Neodimio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

En el siglo XIX, el químico sueco Carl Gustaf Mosander encontró que en una muestra de cerio se escondía otro metal, desconocido hasta entonces, al que llamó lantano. Sus diligentes estudios le llevaron a encontrar un segundo metal en la muestra. Lo bautizó como didimio, o gemelo, al ser hermano del lantano. Unas décadas más tarde, Carl Auer von Welsbach demostró que el didimio no era un hermano gemelo, sino un gemelo siamés, pues estaba compuesto de dos elementos a los que nombró praseodimio —el gemelo verde— y neodimio —el nuevo gemelo—. Su nacimiento, como hijos dobles de muñeca rusa, significó que el didimio perdiera su lugar en la tabla periódica, el único elemento en desaparecer de la versión que Mendeléyev había diseñado y que tampoco se encuentra en las modernas. La dificultad de su descubrimiento se debe a que las tierras raras, como los siameses, son muy difíciles de separar. En la actualidad podemos encontrarlos juntos en el ferrocerio, una aleación metálica pirofórica que se usa para iniciar la ignición de gas en los mecheros. También los encontramos juntos en los vidrios de las gafas para soldar que se fabrican con didimio.

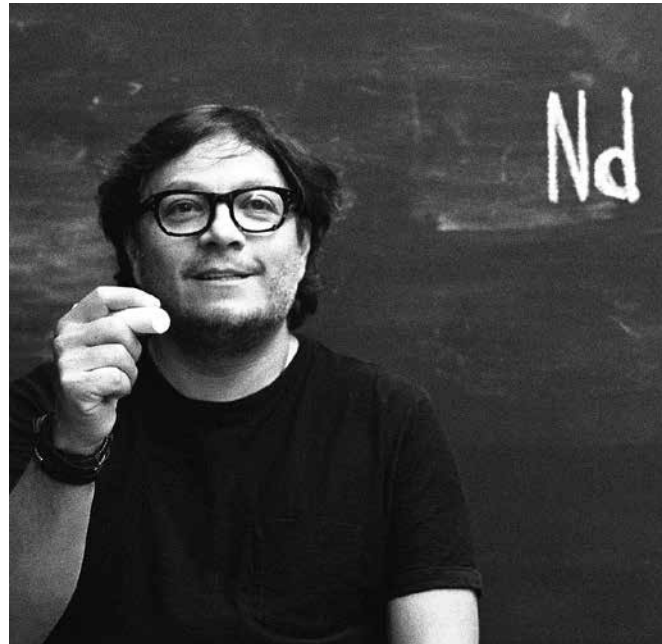
Los imanes de neodimio son los magnetos permanentes más fuertes que se conocen, pues se atraen y repelen con la fuerza de los hermanos, y se utilizan en bocinas, micrófonos y discos duros. El neodimio también se usa para colorear el vidrio de manera espectacular: el color del material depende de la luz ambiental, de manera que puede verse azul bajo la luz fluorescente y rosa en luz incandescente. Los láseres de vidrio de neodimio son de alta intensidad. Su amplio uso es posible gracias a que, paradójicamente, la rareza de las tierras raras no es realmente tal. De hecho, la abundancia del neodimio es mayor que la del estaño y el plomo.

Nd

SÍMBOLO

60

NÚMERO ATÓMICO



RIVELINO



Rivelino **Neodimio**

acero al carbón e imanes de neodimio, 60 × 60 cm, 2019

Prometio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Una verdadera tierra rara, el prometio es particularmente radiactivo. Su existencia es una genuina promesa, pues es imposible encontrarlo en la superficie terrestre. A diferencia de otros de su grupo, que existen escondidos en diversos minerales, el prometio sólo revela su existencia durante las reacciones que rompen los átomos de uranio, como un producto secundario. Sin embargo, observaciones astronómicas revelaron su existencia en una estrella ubicada en la constelación de Andrómeda, a unos 520 años luz de la Tierra. Se supone que hubo alguna vez prometio en la superficie terrestre, pero todos sus átomos decayeron luego de diez mil años aproximadamente.

Gracias a su capacidad de resplandecer en la oscuridad, se le llamó así para evocar al titán que hurtó el fuego del Olimpo con el propósito de enseñárselo a los humanos, por lo cual Zeus le impuso un castigo ejemplar. El prometio es tan escaso que sólo existen muestras que se utilizan en la investigación pura, de la cual se podrían desprender algunas aplicaciones en dispositivos médicos, pilas con duración de cinco años y pinturas luminiscentes.

La tabla que Dmitri Mendeléyev confeccionó en 1869 contenía huecos que deberían ser llenados por elementos a descubrir, según podía inferirse a partir de las diversas propiedades que presentaban los ya conocidos. Este mecanismo de razonamiento y deducción fue retomado en 1902 por Bohuslav Brauner con objeto de ampliar la tabla original. Creó nuevos espacios para los elementos que se estaban descubriendo y que no encajaban en la tabla de Mendeléyev, y proyectó huecos para aquellos que habrían de hallarse en un futuro próximo.

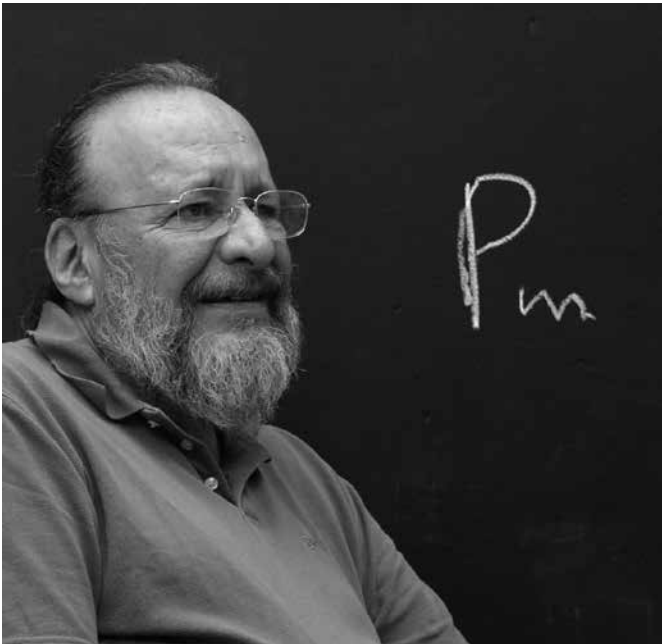
Pasarían poco más de cuatro décadas hasta que, en 1945, el primero de esos paréntesis transitorios, correspondiente al casillero 61, fue ocupado por el prometio. Fue descubierta por un grupo de investigadores en Oak Ridge, Tennessee, entre ellos Charles D. Coryell, Jacob A. Marinsky, Lawrence

Pm

SÍMBOLO

61

NÚMERO ATÓMICO



LUIS ARGUDÍN

E. Glendenin y Harold G. Richter, mientras llevaban a cabo investigaciones para el Proyecto Manhattan, programa cuyo objetivo era fabricar las primeras bombas atómicas que, finalmente, se decidió detonar en las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki. Lo que encontraron precisamente fue el isótopo ¹⁴⁷prometio al fisiónar átomos de uranio.



Luis Argudín *Prometio [Prometio Land]*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Samario

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El samario es un metal blanquecino, un tanto plateado; no es tan suave como otros de su grupo, el de las tierras raras o lantánidos. Se encuentra en diversos minerales, principalmente en la monacita y la bastnasita, y como producto derivado de procesos de fisión nuclear. Su abundancia en la superficie del planeta es considerable.

Tanto el mineral conocido como samarskita como el elemento, samario, deben su nombre al coronel del ejército ruso e ingeniero de minas Vasili Samarsky-Bykhovets, no porque los haya descubierto, sino porque fue él quien, gracias a su buen ojo y su meticulosidad, alrededor de 1840 transportó las piedras desde las apartadas minas de los Urales a la civilización, de manera que el químico alemán Gustave Rose comenzara las pesquisas del nuevo elemento.

En 1853, el químico suizo Jean Charles Galissard de Marignac descubrió líneas desconocidas al examinar una preparación mediante el espectroscopio. Sin embargo, fue hasta 1879, en París, cuando Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran, en su laboratorio privado, obtuvo un óxido impuro. Logró identificarlo luego de someter una muestra de estas sales de color amarillo pálido a su espectroscopio, desarrollado veinte años antes por Gustav Kirchhoff. “El gallo” —como le gustaba a De Boisbaudran que lo llamaran— podía sufragar sus investigaciones privadas porque era hijo de un adinerado viticultor de la región de Cognac, donde Paul-Émile nació.

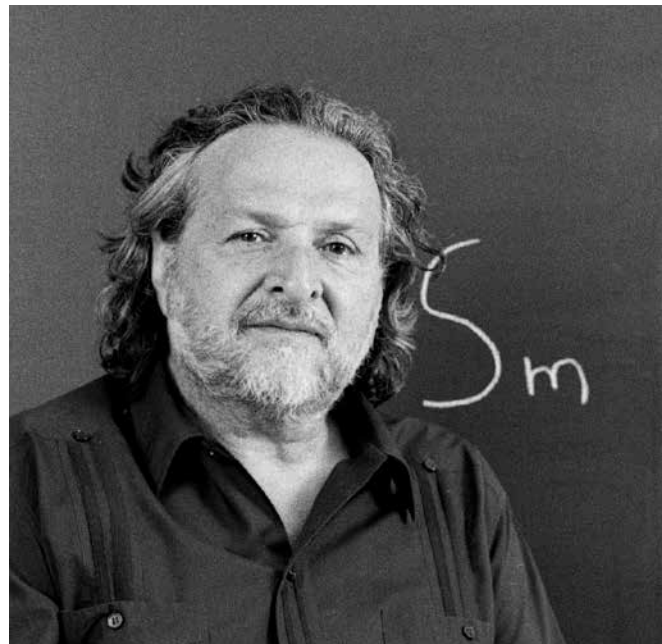
Junto con el cobalto, el samario tiene una enorme utilidad en la fabricación de imanes que deben soportar muy altas temperaturas, arriba de 300 °C, y aun así no pierden su poder magnético. Uno de sus isótopos sirve como barra en el control de las varillas al interior de los reactores nucleares, lo cual debe de prevenir probables envenenamientos. Otras aplicaciones tienen que ver con procesos catalíticos de sustancias orgánicas e inorgánicas, fabricación de cerámicas y vidrios que absorben rayos infrarrojos. A diferencia de casi todos sus vecinos en la “península de los lantánidos”, es un

Sm

SÍMBOLO

62

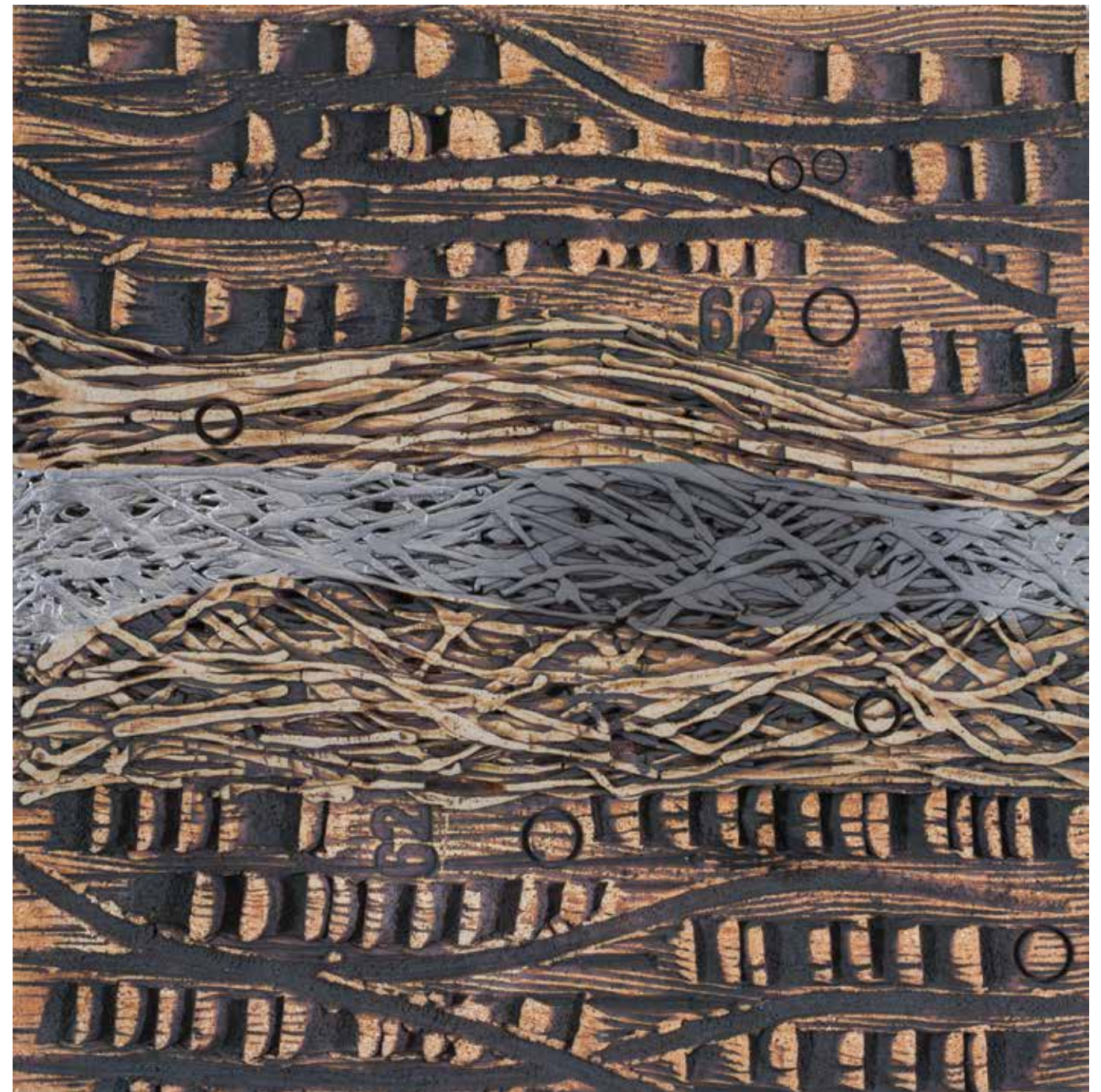
NÚMERO ATÓMICO



ADÁN PAREDES

notable agente reductor, ya que reacciona de inmediato con el oxígeno, el agua y los iones del hidrógeno. Es soluble en la mayoría de los ácidos.

De acuerdo con *The Periodic Kingdom. A Journey into the Land of the Chemical Elements*, el libro de Sir Peter Atkins en el que se propone un viaje imaginario siguiendo la “austera” carta de navegación de la química —la tabla periódica—, el grupo de lantánidos habita la punta norte de dicha península sureña, la cual comparte con los actínidos. Si observamos dicha tabla de los elementos veremos que a la izquierda, al oeste del “continente”, precisamente en el inicio del rectángulo occidental, entre los casilleros 56 a 71 y 89 a 103, se abre un brazo que mira hacia abajo: la península del sur.



Adán Paredes **Samarium**

cerámica de alta temperatura cono 9 (1280°)/madera, 60 × 60 cm, 2019

Europio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El europio pertenece al grupo de los lantánidos, así como a las llamadas tierras raras (constituidas por los lantánidos, el escandio y el itrio). El término “tierras raras” tiene su origen en 1794, cuando se los identificó como un nuevo tipo de “tierra”. Se trata de una referencia coloquial a los óxidos insolubles en agua. Debido a sus amplias similitudes químicas fue difícil y confusa su separación del mineral madre. Por eso se llamaron “raras”, si bien algunos argumentan que fue porque se suponía que eran elementos escasos. El europio, a pesar de su abundancia en la corteza terrestre, ocupa el lugar 50 de los 94 elementos que existen naturalmente, y es más abundante que otros metales tan conocidos como la plata, el oro, el platino y el mercurio.

Eugène Demarçay identificó nuevas líneas espectroscópicas en una supuesta muestra de “samario puro” en 1886. Utilizó un espectroscopio que él mismo había desarrollado para estudiar las tierras raras. Los primeros resultados fueron objetados, por lo que se propuso desarrollar un método que aislara el nuevo elemento mediante cristalizaciones repetidas del nitrato doble de magnesio. En 1901 obtuvo una muestra enriquecida y razonablemente pura. Lo llamó europio, en honor al continente donde había nacido. Por coincidencia, gracias a la peculiaridad que tienen los compuestos de europio (III) de producir una emisión de color a la luz ultravioleta, fueron utilizados como tinta de seguridad en los billetes que la Comunidad Europea lanzó en 2002.

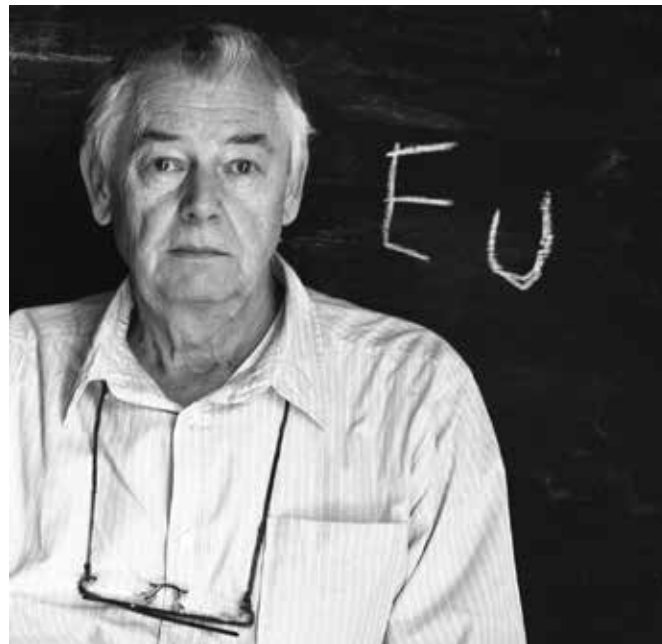
El europio no se encuentra libre en la naturaleza, sino en minerales como la monacita, la bastnasita y la xenotima. Se aísla mediante intercambio iónico y extracción con solventes para su uso comercial. En forma de metal puede producirse por electrólisis. Es un material blando y dúctil que se oxida en el aire en un parpadeo. El europio puede formar compuestos estables en el estado divalente, Eu (II), así como el estado trivalente, Eu (III). Estos últimos provocan fotoluminiscencia.

Eu

SÍMBOLO

63

NÚMERO ATÓMICO



PAUL NEVIN

Los compuestos de europio, inicialmente óxidos, se usan ampliamente como agentes dopantes en fósforos fotoluminiscentes: la valencia 3 de europio produce una radiación roja, y la valencia 2, una azul. Cuando se combinan ambas valencias se produce una luz blanca. Estos materiales desempeñan funciones esenciales en pantallas de intensificación de rayos X, tubos de rayos catódicos, paneles de pantalla de plasma y en lámparas fluorescentes de bajo consumo y diodos luminosos. También se emplea en biosondas para imagenología y análisis biomédico. Una reciente propuesta para su aplicación es en techos de invernaderos para convertir luz solar uv en luz visible: así podría cubrirse la creciente necesidad de alimentos sin expandir la superficie cultivada. Los isótopos de europio son tan buenos absorbentes de neutrones que se utilizan en las barras de control de los reactores nucleares.



Paul Nevin **Europio**

óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Gadolinio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Dos apéndices se desprenden de la tabla: uno es el de los lantánidos y el otro abarca los actínidos. A los lantánidos (el gadolinio pertenece a este grupo) se les conoce también como metales de transición internos. Una de sus características distintivas es que se parecen mucho entre sí, por lo que resulta difícil intentar separarlos. De hecho, el gadolinio metálico puro (99.3%) sólo pudo obtenerlo por primera vez en 1935 el ingeniero químico Félix Trombe. Pocos meses después, Pierre Weiss, Georges Urbain y el mismo Trombe notaron que el gadolinio adquiere propiedades ferromagnéticas a temperatura ambiente. Fue el primer elemento puro en comportarse de esta manera, además de los metales tradicionalmente ferromagnéticos: hierro, níquel y cobalto. El gadolinio puede ser más poderoso que el hierro, pero sólo a bajas temperaturas. Menos frío se vuelve paramagnético.

Medio siglo antes, en 1880, el químico suizo Jean Charles Galissard de Marignac lo había atisbado luego de examinar el óxido de una muestra del mineral llamado samarskita en el espectroscopio, invento de Gustav Kirchhoff. Hacia 1885, Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran confirmó tal hallazgo en su laboratorio privado. Fue él quien sugirió nombrarlo en memoria del químico y experto en minerales Johan Gadolin.

Este metal de las tierras raras es de tonos blanquecino-plateados, brillante, dúctil y maleable, suave al tacto, aunque no se recomienda tocarlo sin protección adecuada, pues es un tanto tóxico. Cuando se le expone a un aire húmedo presenta deslustre, manchas escamosas de un óxido blanco, el principio de un proceso continuo de oxidación. Sus sales, incoloras, reaccionan lentamente en presencia de agua y son solubles en ácidos diluidos.

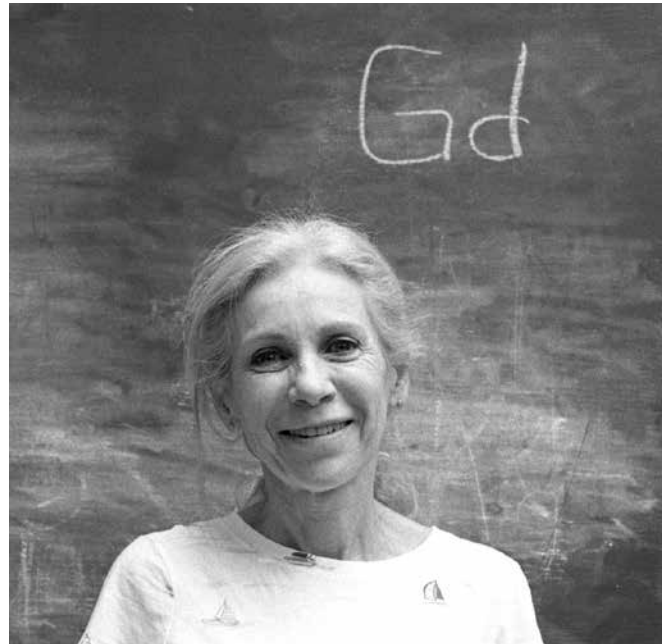
Durante la segunda mitad del siglo xx se fabricaron televisores de color mediante la emisión de electrones en tubos de rayos catódicos. El gadolinio, junto con fósforo verde, intensificaba las tonalidades cromáticas de las pantallas, las cuales han ido desapareciendo ante la llegada de la era digital. Gracias

Gd

SÍMBOLO

64

NÚMERO ATÓMICO



MIRIAM MEDREZ

a sus propiedades magnéticas, se emplea como agente de radiocontraste: se introduce a través de las venas en la generación de imágenes por resonancia magnética.

Otra de sus aplicaciones tiene que ver con la refrigeración magnética a temperatura ambiente. Una aleación de gadolinio, silicio y germanio posee un poderoso efecto magnetocalórico en dicho ambiente. Así, su temperatura aumenta cuando se hace pasar por un campo magnético y disminuye cuando se aleja del campo. Esto lo convierte en un sensor interesante. Como dijo alguna vez sir Derek Barton, Premio Nobel de Química: “los puentes que se tendieron desde el siglo xix entre el reino de la química y el universo de la física atómica, ahora subatómica, han abierto disciplinas enteras inéditas”. Animados por esta nueva mirada a los elementos de la tabla, muchos avezados se han atrevido a transitar tales puentes, confirmando la frase: “La imaginación es el límite”.



Miriam Medrez **Gadolinio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Terbio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal grisáceo, de matices plateados, el terbio es maleable y tan suave que puede rebanarse con un cuchillo de mesa. Es relativamente estable en presencia de aire, incluso en temperaturas elevadas, pues tiende a formar un óxido de color oscuro como el chocolate. Reacciona con facilidad ante la mayoría de ácidos diluidos, aunque resulta insoluble en ácido fluorhídrico. A temperaturas muy frías (−43 °C) es paramagnético; alrededor de los −53 °C se vuelve antiferromagnético, y ferromagnético cuando llega a −40 °C.

En 1843, Carl Gustaf Mosander notó su existencia en una muestra de ytria (óxido de ytrio), proveniente del mineral llamado gadolinita; la misma piedra en la que Johan Gadolin, en 1794, había encontrado el ytrio. Inquieto, siguiendo su intuición científica, Mosander volvió a examinar muestras del mismo mineral en busca de algo desconocido. A partir de hidróxido de amonio consiguió un precipitado de diferentes fracciones, dos de las cuales mostraban sustancias de colores inesperados. Las llamó erbia y terbia, suponiendo que contenían dos nuevos elementos: erbio y terbio. Su suposición fue acertada.

Adoptó esos nombres para recordar que fue en la mina de Ytterby, poblado sueco cercano a la capital Estocolmo, donde se extrajeron los minerales en cuestión. El itrio y el iterbio también se llaman así por la misma razón. No obstante, sólo pudo comprobarse de manera fehaciente que se trataba de varios elementos muy parecidos entre sí hasta tres décadas más tarde, cuando Georges Urbain, en París, creció cristales con sales puras. Vale la pena hacer notar que este trabajo requiere de paciencia, orden, habilidad, ingenio y tiempo. Urbain encontró quince tierras raras metálicas (hoy reconocemos diecisiete) y precisó la existencia del terbio. De paso, trajo a la luz de la tabla el lutecio. Compuestos con terbio puro se obtuvieron apenas en 1905.

Una de las escasas aplicaciones del terbio tiene que ver con los billetes del euro en los que se emplea a fin de evitar

Tb

SÍMBOLO

65

NÚMERO ATÓMICO



ANTONIO GRITÓN

su falsificación. Si pasamos uno de estos billetes a un rayo ultravioleta veremos un fulgor azul, que corresponde al tulio; uno rojo, proveniente de átomos de europio, y un brillo verde, del terbio. Otra aplicación curiosa es en las bocinas conocidas como “SoundBug”: se usa una aleación de terbio, fierro y disprosio, bajo el nombre de Terfenol-D, la cual se expande y contrae en presencia de un campo magnético. Las bocinas de este tipo hacen vibrar cualquier superficie plana que se halle en su radio de acción: la “contagian” y de esta manera convierten en otra bocina.

Antonio Gritón **Terbio**

acrílico, óleo, polvo de plata y material tornasoleado/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Disprosio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El disprosio es un metal de transición de color gris plateado, brillante y muy suave. A temperatura ambiente resulta muy estable y no pierde su brillo durante largo tiempo. Sin embargo, si elevamos la temperatura llegará un momento en que se verá afectado de manera sensible por el aire circundante. Al igual que el gadolinio y el terbio, sus “primos” lantánidos, es paramagnético. Si bajamos su temperatura se convierte en antiferromagnético y si lo enfriamos aún más se vuelve ferromagnético. A temperaturas tan bajas es notable la anisotropía magnética del disprosio, esto es, el efecto mediante el cual sus átomos logran mantener la magnetización orientada en una sola dirección en el espacio.

Su nombre proviene de la palabra griega *dysprositos*, el inconseguible. En efecto, al igual que otros lantánidos, fue difícil aislarlo en una forma más o menos pura. Al igual que sus vecinos en la tabla, se encuentra en minerales como la gadolinita, la euxenita y la fergusonita, aunque se extrae sobre todo de la monacita y de la bastnasita. Hoy en día también puede obtenerse en laboratorio mediante la reducción de trifluoruro de disprosio con calcio, y como un producto secundario en procesos de fisión nuclear. El disprosio forma un óxido blanco que se disuelve en ácido. La solución que se obtiene adquiere tonos amarillo-verdosos.

Fue descubierto en 1886 por Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran en su laboratorio, en la región francesa de Cognac. Paul-Émile, a quien le gustaba que lo llamaran “El Gallo”, había descubierto el galio once años antes, en 1875, y había aislado el samario en 1879, sabedor de que se enfrentaba a elementos caprichosos, sensibles, pero convencido de que Mendeléyev había razonado correctamente al exponer los vacíos que en la carta de navegación de la química estaban por llenarse.

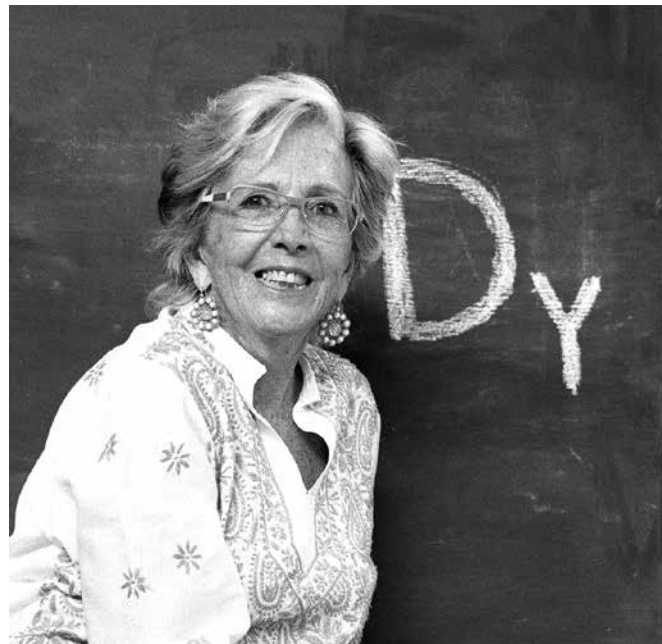
Así, “El Gallo” inventó una meticulosa, laboriosa y dilatada técnica de separación por fracciones. Hizo 32 precipitaciones del hidróxido con solución de amoníaco. Enseguida procedió a realizar 26 precipitados de una sal insoluble (oxalato de

Dy

SÍMBOLO

66

NÚMERO ATÓMICO



CARMEN PARRA

calcio). Lo que encontró fue un óxido asociado al holmio y a otros lantánidos pesados. Fue en 1906 cuando el químico Georges Urbain consiguió preparar una fracción más pura.

Una de las principales aplicaciones del disprosio es como parte de la aleación Terfenol-D (junto con terbio y hierro), que se emplea en sistemas de sonar para embarcaciones marinas, así como en sensores y transductores. También sirve en los dispositivos de almacenamiento magnético de datos, por ejemplo, discos compactos y discos duros. El yoduro de disprosio se usa en lámparas para filmar o grabar películas que requieren de una luz blanca muy brillante. Dado que el disprosio es eficaz absorbiendo neutrones y presenta un punto de fusión alto, se utiliza como barra en el control del material radiactivo al interior de los reactores nucleares, con la intención de prevenir accidentes.



Carmen Parra **Disprosio**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Holmio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal del grupo de las tierras raras, suave, de tonos grises, plateados, el holmio es dúctil y maleable. No reacciona a temperatura ambiente y con el aire relativamente seco. Sin embargo, forma rápidamente un óxido amarillento si aumenta la humedad o se eleva la temperatura. De hecho, la mayoría de los compuestos del holmio adquieren colores entre cafés y amarillos. Puede encontrarse en la gadolinita y la monacita, al igual que en otros de los minerales de donde se extraen tierras raras.

El descubrimiento de varios lantánidos —familia a la que pertenece el holmio— presentó muchos obstáculos debido a las dificultades para distinguirlos. En 1878, los químicos suizos Marc Delafontaine y Jacques-Louis Soret estudiaron en el espectroscopio ciertas bandas de absorción que no correspondían a ningún elemento de la tabla. Al desconocido lo llamaron “elemento X”.

En 1886, Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran llegó a obtener óxido de holmio mediante un largo y acucioso método de precipitación por fracciones. Casi treinta años más tarde, en 1911, Otto Holmberg consiguió una muestra metálica razonablemente pura de óxido amarillo. Actualmente se obtiene mediante reducción metalotérmica del fluoruro de holmio anhidro con calcio. Su nombre proviene del nombre latino para la ciudad de Estocolmo, Holmia. Cerca de ahí se encuentra la legendaria mina de Ytterby, ahora cerrada, y donde se hallaron varios elementos del grupo al que pertenece el holmio. “Cuevas innúmeras y endurecidas”, diría Jorge Cuesta en su “Canto a un dios mineral”: “vastos depósitos de breves vidas, / guardan impenetrable la materia sin luz y sin sonido / que aún no recoge el alma en su sentido / ni supone que hable”.

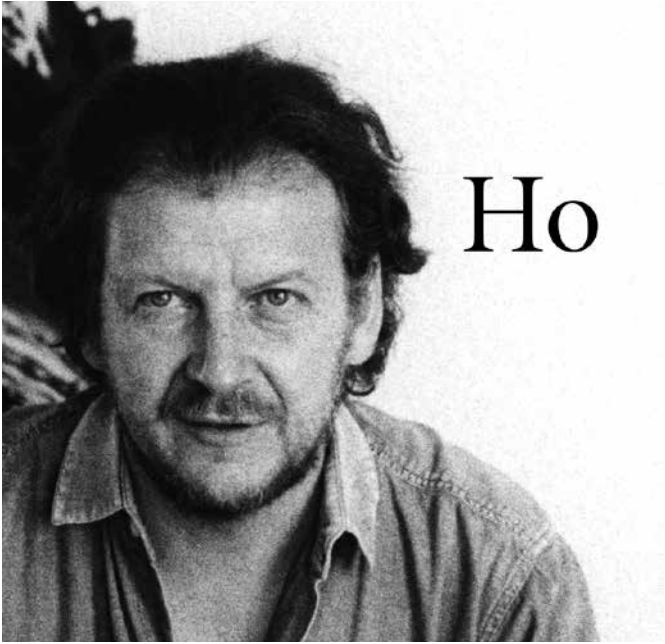
El holmio presenta propiedades magnéticas similares a las de otros lantánidos. Sin embargo, se ha encontrado que su momento magnético es el más alto de todos los elementos naturales de la tabla. Ésta es la razón de que forme parte

Ho

SÍMBOLO

67

NÚMERO ATÓMICO



RAÚL HERRERA

de aleaciones en la producción de imanes, así como concentrador de flujo en la generación de campos magnéticos. Como sus “primos” lantánidos, no es particularmente tóxico para los organismos vivos. El óxido de holmio se emplea para colorear de rojo o amarillo vidrio y piedras de zirconio. Tiene numerosos isótopos —35 en total—, sin contar sus isómeros nucleares. Todos van del ¹⁴⁰holmio al ¹⁷⁵holmio. Así, el ¹⁴¹holmio tiene una existencia media de 4.1 milisegundos, mientras que el ¹⁶³holmio puede durar 4 570 años.



Raúl Herrera *Holmio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Erbio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Sabemos que el hidrógeno ocupa el 75 % de la materia luminosa que conocemos en el Universo; el helio aporta alrededor del 23 %, mientras que el 2 % restante lo componen los otros 96 elementos naturales, a los cuales podemos sumar los 22 producidos de manera artificial por la humanidad. La existencia de muchos de ellos ha sido tan fugaz que su aportación material es insignificante.

Entre estos elementos escasos (incluso en nuestro planeta) tenemos el erbio, a pesar de que es uno de los más abundantes de las tierras raras. Es un metal plateado, suave, maleable, con cierto brillo; sus sales presentan tonalidades rosáceas. Y es que, como la mayoría de su familia, tiene bandas de absorción muy definidas en el rango visible, así como en el ultravioleta y cerca del infrarrojo. Semejante propiedad, aunada a su estructura electrónica, es la causa de que dichas sales, como las de muchos otros lantánidos, adquieran coloridas tonalidades pastel. Entre los minerales que lo contienen destacan la monacita, la euxenita y la xenotima. El tulio que existe en la naturaleza es una mezcla de seis isótopos estables. Además, se le conocen nueve isótopos de naturaleza radiactiva.

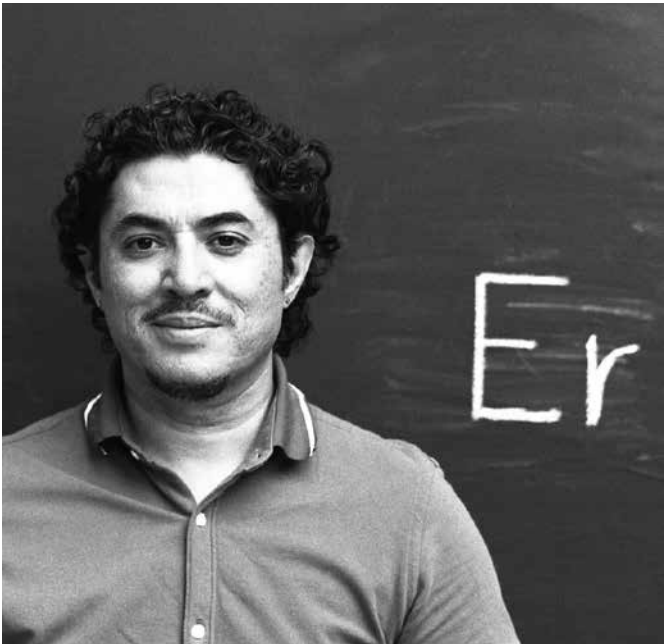
El químico sueco Carl Gustaf Mosander descubrió el erbio en 1843. Él mismo había encontrado el lantano cuatro años antes, al no darse por vencido en el análisis de la cerita, mineral en el que se había revelado la existencia del cerio a los ojos de su maestro, Jön Jacob Berzelius. Mosander supuso que quizá tendría la misma suerte si insistía en examinar muestras de gadolinita. Se sabía que este mineral contenía óxido de ytrio, a partir del cual Johan Gadolin descubrió el elemento ytrio en 1794. ¿Había acaso otro elemento esquivo escondido en el mineral? Procedió a fraccionar repetidas veces el óxido con hidróxido de amonio. Encontró tres bandas coloreadas inéditas. Las llamó ytria, erbia y terbia, correspondientes a los elementos ytrio, erbio y terbio. En efecto, no se trataba de uno, sino de tres nuevos invitados a la tabla.

Er

SÍMBOLO

68

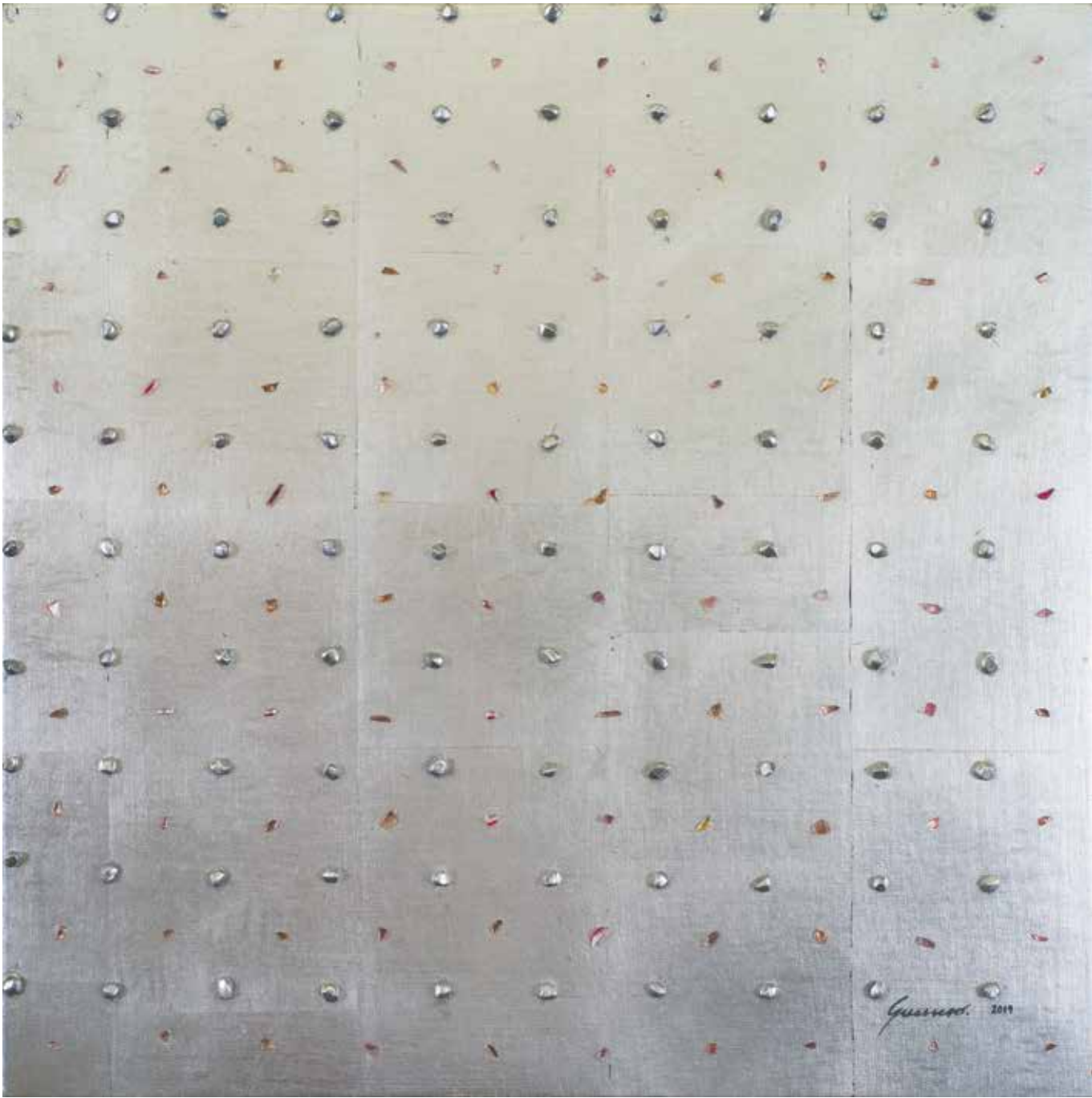
NÚMERO ATÓMICO



GABRIEL GUERRERO

No obstante, debido al parecido de los nombres erbio y terbio, los investigadores confundieron ambos durante décadas. Finalmente, en 1905, Georges Urbain, en su laboratorio de París, y Charles James, en el suyo en Estados Unidos, aclararon la confusión al aislar el óxido de erbio, elemento distinto al terbio y al ytrio. En 1934, Wilhelm Klemm y Heinrich Bommer redujeron cloruro anhidro con vapor de potasio. El producto fue erbio de una pureza notable. Su nombre se debe a la famosa mina del poblado de Ytterby, localizada en la pequeña isla Resarö, perteneciente al archipiélago de Estocolmo, pues en ella se encontró el mayor número de elementos concentrados en una zona. La mina cerró en 1933.

Se preparan aleaciones de erbio con metales difíciles de trabajar, como el vanadio, a fin de manipularlos con más eficacia. Debido a su capacidad de absorción de luz infrarroja se añade como protector en las gafas de soldadores y sopladores de vidrio.



Gabriel Guerrero **Erbio**

cerámica, vidrio y hoja de plata/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Tulio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El tulio es el menos abundante de los lantánidos. Como varios de ellos, es un metal brillante, de color grisáceo-plateado. Es dúctil y maleable. Llega a mancharse, pero es más resistente a la oxidación que la mayoría de las tierras raras. Existe naturalmente sólo en forma del isótopo ¹⁶⁹tulio, aunque nunca aparece aislado, sino en diversos minerales, en particular la monacita y la bastnasita, junto con otros elementos de su familia.

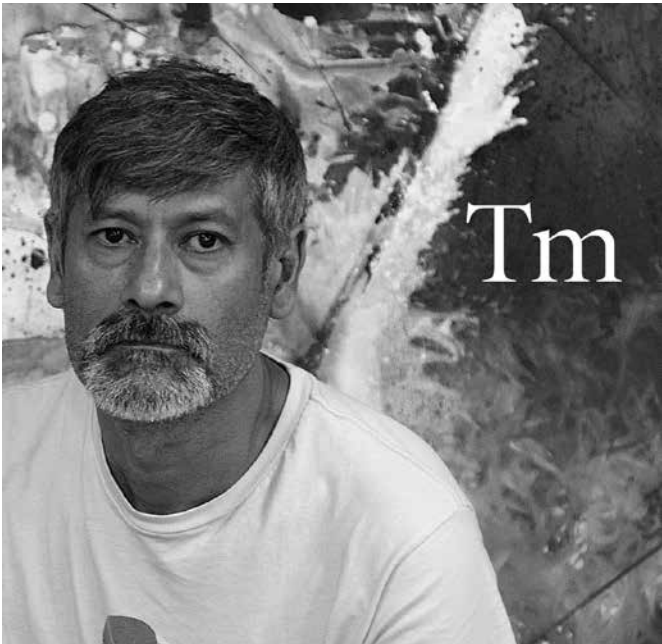
Fue descubierto por el químico sueco Teodor Cleve en 1879, mientras analizaba óxido de erbio en su laboratorio de Uppsala. Notó la aparición de dos extraños materiales, uno verdoso y otro café. Se trataba de los óxidos con dos nuevos elementos: el tulio y el holmio, respectivamente. El primero fue llamado por el vocablo Thule, antiguo nombre de Escandinavia. Se utiliza en la fabricación de láseres de estado sólido. Para ello se contamina con tulio cristales de granate hechos de yitrio y aluminio. Esta clase de dispositivos se usa en operaciones del ojo y en cirugía estética, así como en diversos procesos industriales. Hasta donde se sabe, no representa un peligro para la salud.

Tm

SÍMBOLO

69

NÚMERO ATÓMICO



JAVIER CORTEZ

Javier Cortez **Tulio**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Yterbio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El yterbio es un metal blando, maleable y dúctil, blanquecino; suele presentar lustre plateado. Se corroe con lentitud en presencia del aire y la humedad, por lo que debe conservarse en recipientes cerrados. Es muy escaso en los minerales donde puede hallarse, como la gadolinita, la monacita y la xenotima. El óxido de yterbio es incoloro y se disuelve con relativa facilidad en ácidos. Forma entonces soluciones incoloras de sales que son paramagnéticas, trivalentes. También genera compuestos divalentes, cuyas sales son solubles en agua. En este caso reaccionan con lentitud y liberan hidrógeno. Se comporta más como si perteneciera a la serie del calcio, el estroncio y el bario que a la de su propia familia, los lantánidos. Su nombre deriva del poblado de Ytterby, localizado en la pequeña isla Resarö, perteneciente al archipiélago de Estocolmo.

Fue la primera de las tierras raras que se descubrió, en 1878, gracias al químico suizo Jean de Marignac, quien lo consiguió en su laboratorio de Ginebra. No obstante, entre 1907 y 1908, Georges Urbain y Carl Auer von Welsbach, cada uno por su cuenta, separaron el yterbio de Marignac en dos elementos distintos, llamados ahora yterbio y lutecio, y que, en primera instancia, Urbain nombró neoytterbia y lutecia, mientras que Von Welsbach los llamó aldebariano y casiopeo.

Fue preparado en estado razonablemente puro por primera vez en 1937. Wilhelm Klemm y Heinrich Bommer llevaron a cabo la reducción del tricloruro de yterbio con potasio, pero en el metal había mezclado cloruro de potasio. Fue hasta 1953 cuando un equipo de investigadores formado por A. H. Daane, D. H. Dennison y F. H. Spedding consiguió el yterbio más puro jamás visto, a partir del cual empezaron a conocerse cabalmente sus propiedades físicas y químicas.

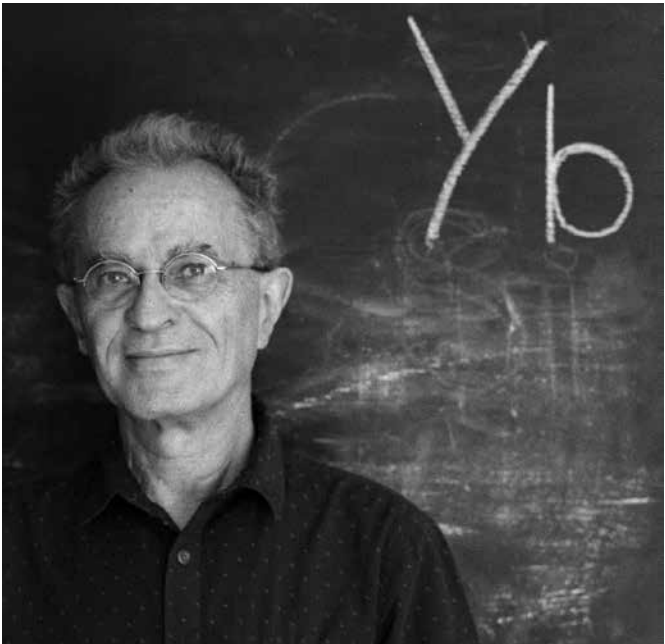
Debido a su poca abundancia, apenas tiene aplicaciones potenciales en aleaciones, en el campo de la electrónica, así como en la fabricación de materiales magnéticos. Se ha demostrado su utilidad para pulir cristales y en la producción

Yb

SÍMBOLO

70

NÚMERO ATÓMICO



SAÚL KAMINER

de catalizadores. Asimismo, a partir de silicatos de yterbio se han logrado crear joyas artificiales. Aun así, hay quienes han reportado los riesgos para la salud humanas y de diversas especies, ya que entre los desperdicios de las empresas petroleras se encuentra el yterbio. Además, debido a que durante muchos años se fabricaron televisores a color con algún contenido de este elemento, y todavía se usa en lámparas fluorescentes y cristales, con el tiempo se acumulará en los suelos y en el agua y podría ingresar en los organismos vivos, lo cual ocasionaría daños en los pulmones y en el hígado, así como en las membranas celulares de especies acuáticas.

Una aplicación insospechada podría darse en computación cuántica, con la producción de cristales a partir de iones de yterbio, cuyos átomos vibran en el tiempo y no en el espacio, siguiendo una cualidad de los objetos en ese nivel subatómico.



Saúl Kaminer *Yterbio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Lutecio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El lutecio es un metal blanquecino plateado, muy raro, el miembro más pesado de los lantánidos. Y el más escaso. Aun así, su volumen es mayor, por ejemplo, al del oro o la plata. Su nombre proviene del vocablo latino *Lutecia*, que hacía referencia a la ciudadela construida por los romanos en la Galla, sobre la cual se expandió la urbe que hoy es París. Como en el caso de otros lantánidos, varios químicos encontraron el lutecio casi al mismo tiempo. Carl Auer von Welsbach, Charles James y Georges Urbain, siguiendo el espíritu de la tabla de Mendeléyev, no se dieron por vencidos respecto del examen aparentemente exhaustivo que se había hecho en piedras, como la cerita y la gadolinita. Hasta 1907 se creía que el óxido de yterbio era eso y nada más. No obstante, ese año Urbain descubrió en su laboratorio de París dos óxidos a partir de nitrato de ytrio. Para uno conservó el nombre de yterbio, mientras que al segundo lo llamó como nombraban los antiguos su ciudad. Por su parte, Von Welsbach lo encontró en Viena y prefirió llamarlo casiopeo, en recuerdo de la constelación Casiopea, que puede observarse en el hemisferio norte. Finalmente, en 1909 se determinaron los nombres actuales.

Los metales raros son más bien pesadillescos. Y es que obtener tierras raras de una pureza máxima implica poner en marcha un proceso largo y meticuloso. Primero son óxidos, polvos, como el del cerio (amarillo), o el del praseodimio (negro) o el neodimio (azul). Si se someten a la acción de un gas, como el fluoruro de hidrógeno, se transforman en fluoruros cristalinos. Lo que era un óxido, por ejemplo de praseodimio negro, se convierte en un polvo con tonalidades verdosas. Enseguida, los respectivos fluoruros se someten a una reacción reductora y así se obtienen metales puros. Sin embargo, en el caso del gadolinio, el terbio y, en particular, el lutecio, es mucho más arduo alcanzar esta forma metálica con una pureza deseable debido a que estos tres suelen reaccionar con el tantalio, material con el que se fabrican los



PEDRO FRIEDEBERG

crisoles, instrumento de trabajo esencial en el laboratorio químico. Por tanto, se tienen que llevar a cabo procesos adicionales a fin de “sacudir” los átomos de tantalio que se desprenden del crisol y se adhieren, en este caso, al lutecio.

Al igual que el ytrio y el lantano, el lutecio ha despertado el interés de los científicos expertos en magnetismo debido a sus respectivas configuraciones electrónicas y propiedades físicas. El óxido de lutecio se emplea en la desintegración catalítica de hidrocarburos para su uso en la industria petroquímica. El isótopo ¹⁷⁷lutecio es útil en terapias contra ciertos tipos de cáncer, mientras que ¹⁷⁶lutecio sirve para precisar la edad de los meteoritos. Hoy en día, el oxiortosilicato de lutecio es parte de los detectores que se encuentran en los dispositivos para generar tomografías por emisión de positrones.

Lu

SÍMBOLO

71

NÚMERO ATÓMICO



Pedro Friedeberg **Lutecio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Torio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El torio es un metal actínido sólido, suave, radiactivo, de color blanco plateado que, al contacto con el aire, se torna gris, incluso negro, si bien este proceso de oxidación puede tomar meses. En consecuencia, reacciona frente al oxígeno, así como ante el hidrógeno, los halógenos y el azufre. En polvo, y a temperatura ambiente, se enciende de manera espontánea. No puede encontrarse libre en la naturaleza, pero sí en diversos minerales, sobre todo en la monacita y la bastnasita. Se conocen 28 isótopos, siendo el más estable de ellos el ²³²torio, cuya existencia media alcanza poco más de 14 000 millones de años.

Como ningún otro elemento de la tabla, el torio se funde a 1 750 °C, pero se evapora a 4 790 °C, esto es, una diferencia de más de 3 000 grados. Por tanto, no hay óxido que soporte un punto de fusión más alto que el dióxido de torio. Su abundancia en la superficie del planeta es mayor que la del uranio, por lo que se piensa que en un futuro cercano lo sustituirá como combustible de reactores nucleares. No sólo existe más torio, sino que una tonelada de este elemento genera la misma energía que 200 toneladas de uranio. Además, se calcula que un reactor de torio dejaría de ser peligroso para el ambiente y la salud en 500 años, y no en los miles de años que tardará el uranio de los reactores actualmente en operación. Debido a las peculiares propiedades del dióxido de torio —como la mencionada resistencia a fundirse—, se emplea en manguitos de gas incandescente para salir de excursión al campo, pues garantiza una intensa luz blanca y brillante, mientras permanece sólido a la temperatura del gas inflamado. Trae a la memoria los versos de César Vallejo: “Todos saben... Y no saben / que la Luz es tísica, / y la Sombra gorda... / Y no saben que el Misterio sintetiza...”.

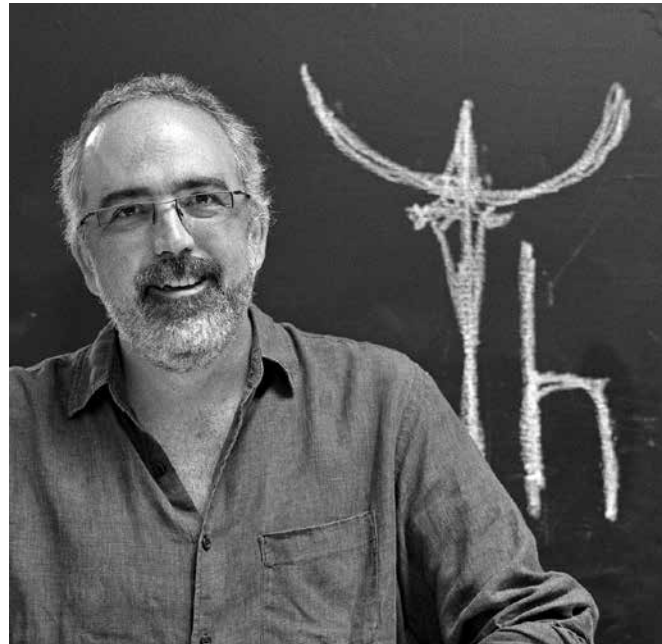
El torio fue descubierto por Jöns Jacob Berzelius en 1828, dentro de una peculiar muestra de un mineral negro, tan oscuro como si al firmamento lo hubiesen despojado de sus puntos estelares. Lo habían arrancado a tierra escandinava,

Th

SÍMBOLO

90

NÚMERO ATÓMICO



EMILIANO GIRONELLA

en una isla cercana al poblado noruego de Brevik, por lo que Berzelius decidió llamarlo torita, evocando al dios Thor.

Además de hierro, manganeso, plomo, estaño y uranio, encontró en dicho mineral otra sustancia que no logró identificar. Luego de llevar a cabo sus análisis, descubrió que poco más de la mitad de la torita contenía el óxido de este elemento desconocido, al que llamó torio. Sin embargo, Berzelius no supo que se trataba de un elemento radiactivo. Sería hasta 1898 cuando Gerhard Schmidt y Marie Curie, cada uno por su cuenta, notaran esta propiedad. Era el segundo elemento, después del radio, de una relativamente larga lista de objetos radiactivos que se descubrirían y se crearían en forma artificial, formando, en consecuencia, parte de la tabla.



Emiliano Gironella **Torio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Protactinio

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

Metal de la familia de los actínidos, plateado con tonos dorados, muy brillante y radiactivo, el protactinio es uno de los elementos naturales de la tabla más escasos y cuyo proceso de obtención es sumamente costoso. Por ejemplo, en 1961, la instancia gubernamental británica encargada de la energía atómica debió utilizar 60 toneladas de material nuclear de desecho para obtener apenas 125 gramos de protactinio, con un gasto de medio millón de dólares de ese entonces. Por ello, la mayor parte de la limitada producción mundial se emplea en investigación básica, si bien el isótopo ²³¹protactinio, combinado con uno del torio (²³⁰torio) es útil para fechar sedimentos marinos. Su comportamiento químico en solución acuosa es distinto al de los actínidos, asemejándose más al tántalo y al niobio. Reacciona con el oxígeno, el vapor de agua y los ácidos inorgánicos, sustancias con las que puede formar compuestos de colores.

Conforme los elementos en esta región de la tabla periódica se vuelven más raros y pesados, su descubrimiento y su posterior producción artificial en laboratorio se hicieron más complicadas, exigiendo que la tecnología fuese llevada a un extremo jamás conquistado, sin soslayar los conflictos sociales que convulsionaron el mundo entonces. Un ejemplo es el protactinio, cuyo hallazgo tomó varios años desde que, en 1913, el químico polaco Kasimir Fajans y el alemán Oswald Göhring trajeran noticias de él al mundo. Lo llamaron “bre-vio”, pues el isótopo con el que se toparon (²³⁴protactinio) duraba 77 segundos. Cuatro años más tarde, Lise Meitner y Otto Hahn, en Berlín, encontraron un isótopo mucho más longevo, ²³¹protactinio, cuya vida media se calcula en unos 32 700 años.

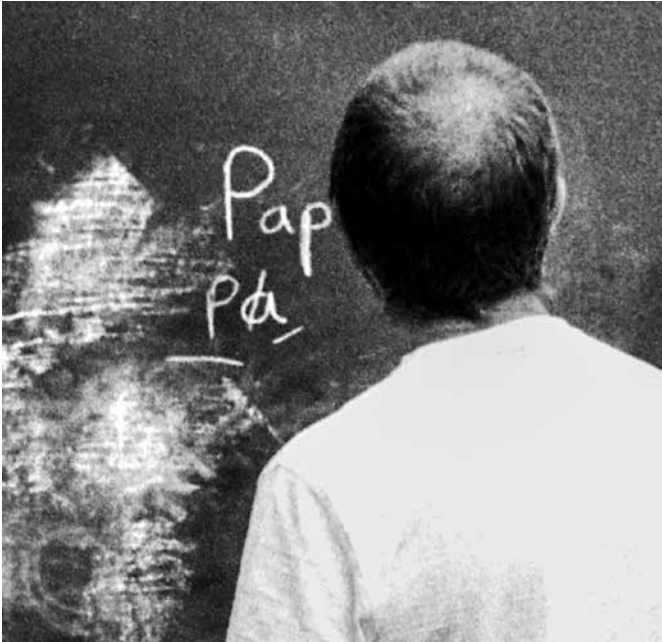
Ese mismo año de 1917, en la ciudad escocesa de Glasgow, Frederick Soddy y John Cranston realizaron su propio hallazgo. La Primera Guerra Mundial interrumpió las investigaciones, hasta que en 1927, Aristid von Grosse consiguió materializar un óxido de este nuevo elemento. En 1934, él

Pa

SÍMBOLO

91

NÚMERO ATÓMICO



BORIS VISKIN

mismo transformó dicho óxido en un pentayoduro, sustancia que descompuso sometiéndola al calor de un filamento ardiente dentro de un tubo al alto vacío.

Al nuevo huésped del casillero 91 de la tabla lo llamaron “actinio primitivo” o “progenitor del actinio”, utilizando la palabra griega protos como prefijo, pues cuando el isótopo ²³¹protactinio se descompone, se obtiene actinio. Este nombre se adoptó de manera oficial en 1949. Se conoce una veintena de isótopos, de los cuales el más común, si es posible decirlo de algo tan raro, es precisamente ²³¹protactinio.



Boris Viskin *Protactinio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Uranio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El uranio es tal vez uno de los elementos más populares en el mundo, polémico y con mala prensa a partir de que, con él, se fabricó la primera bomba atómica capaz de destruir ciudades enteras con sus pobladores. No obstante, la misma reacción nuclear resultante de la fisión de sus átomos trajo también grandes beneficios a las naciones carentes de petróleo, como generar electricidad con reactores nucleares. Es un metal al que se le asocia a la temible y letal radiactividad, a pesar de no ser el primero ni el único elemento radiactivo.

Su historia es tan densa como el núcleo de sus átomos. Su gran masa atómica de **238.029** está integrada por 92 protones e igual número de neutrones, con **siete niveles de 2, 8, 18, 32, 21, 9 y dos de 92 electrones** retozando tan rápido que se ven cual nubecillas bordeando su núcleo.

El nombre del elemento, uranio, proviene de la colección de deidades de los griegos: hace tres mil años, Urano era el dios del cielo, padre de Cronos o Saturno, a su vez padre de Júpiter. Pero también por la detección, por William Herschel, de un nuevo planeta después de Saturno, en 1781. El descubrimiento del séptimo planeta tuvo tal repercusión —hasta entonces se creía que el más lejano era Saturno— que, ocho años después, el alemán Martin Heinrich Klaproth, descubridor de un nuevo elemento a partir de polvo de pechblenda, consideró que se debería llamar uranio.

Pasó sin pena ni gloria como un elemento más hasta que Henri Becquerel experimentó que las sales de pechblenda contenidas de uranio velaban las placas fotográficas, consistentes en una emulsión de plata que se oxida o ennegrece si se expone a la luz. Las placas, incluso protegidas con papel negro y otras sustancias opacas, fueron veladas por las sales de pechblenda, cual si fueran los rayos del sol, aportando el conocimiento del fenómeno de la radiación por la que recibió el Premio Nobel de Física en 1903.

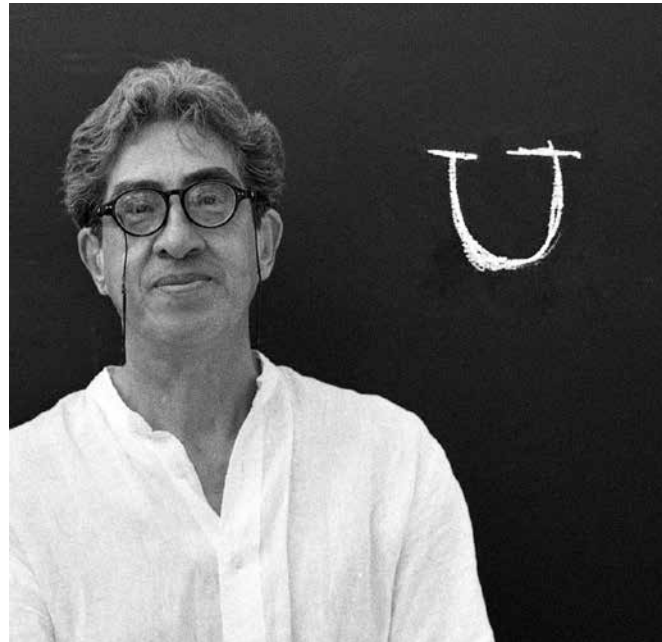
El uranio se volvió verdaderamente interesante cuando, en 1938, el químico Otto Hahn, con sus colaboradores Fritz

U

SÍMBOLO

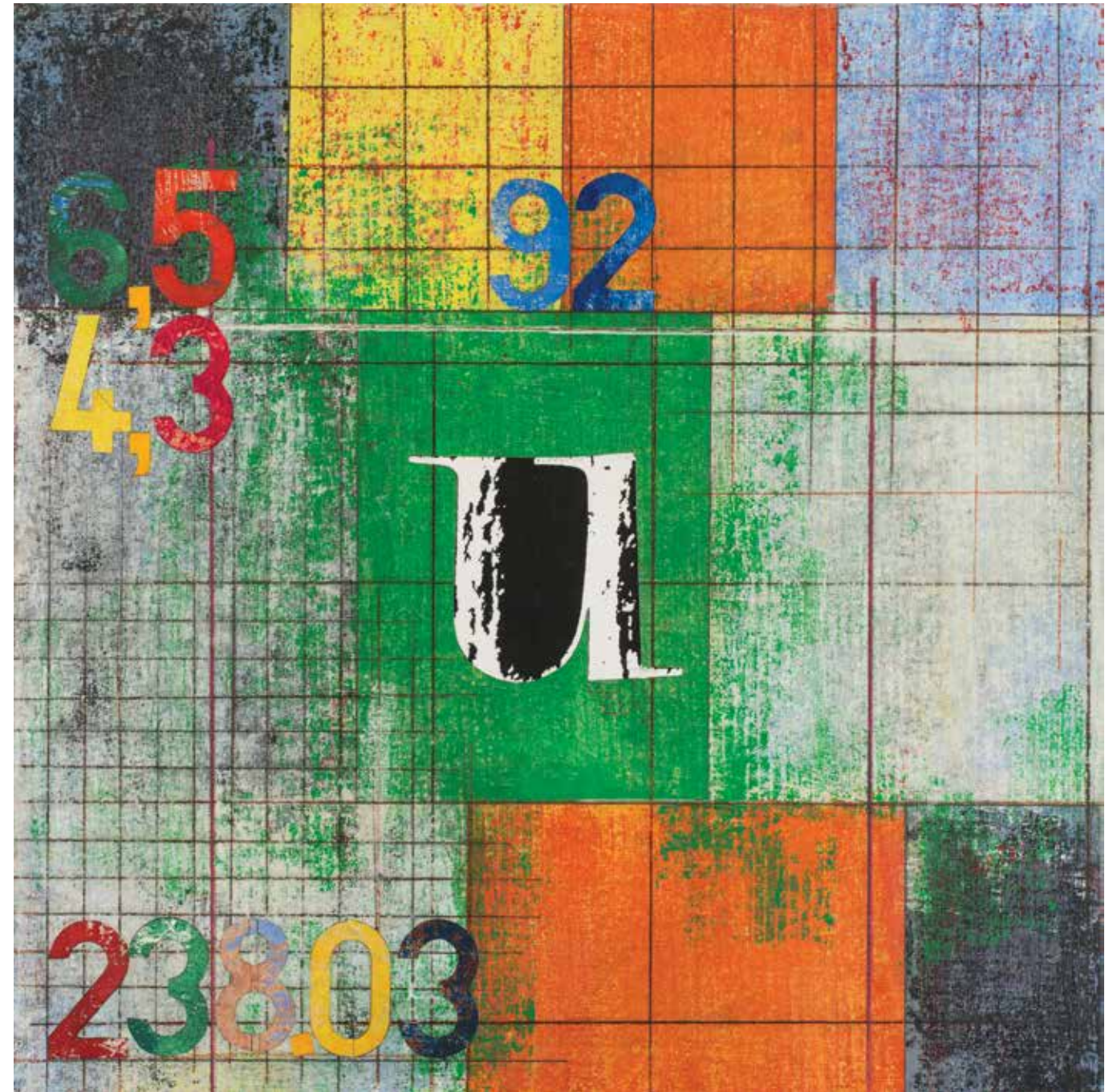
92

NÚMERO ATÓMICO



JOSÉ GONZÁLEZ VEITES

Strassmann y Lise Meitner, experimentaron disparando neutrones a su núcleo. Hahn pensaba que el resultado del disparo con neutrones lo haría decaer en elementos más ligeros. La física Lise Meitner descubrió la fisión nuclear del uranio y su liberación de energía, aunque Otho Hahn publicó el hallazgo sin mencionar a sus colegas haciéndose acreedor al Nobel de Química en 1944. El reconocimiento a Meitner vino después, con el descubrimiento de un nuevo elemento al que llamaron meitnerio. Con ese descubrimiento, los físicos refugiados en Estados Unidos convencieron al presidente Roosevelt de la necesidad de desarrollar un arma nuclear, temiendo que los nazis ya la estuvieran fabricando. Así surgió el proyecto Manhattan, liderado por el físico Robert Oppenheimer, cuyo propósito era fabricar bombas nucleares de uranio y plutonio.



José González Veites **Uranio**
acrílico/tela/madera, 60 × 60 cm, 2019

Neptunio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal actínido, el neptunio es el primero de la familia de los transuránidos. Cabe hacer notar que los quince actínidos o actinoides son radiactivos. Algunos, como el uranio, ocurren en la naturaleza, y otros —la mayoría— han sido creados por los seres humanos. Dado que, en la tabla periódica, el neptunio se encuentra junto al uranio, y en nuestro sistema solar el planeta próximo a Urano es Neptuno, se pensó que, para nombrarlo, era adecuado establecer esa correspondencia.

En 1934, el físico Enrico Fermi, aún en Italia, creyó haber fabricado los elementos 93 y 94 al bombardear uranio con neutrones, aunque en realidad lo que obtuvo fueron productos de la fisión de aquel elemento. De hecho, Fermi acababa de descubrir la fisión nuclear, pero no se dio cuenta de ello. Cuatro años más tarde, Horia Hulubei e Yvette Cauchois anunciaron su descubrimiento. Sin embargo, su afirmación fue falsa, dado que no es posible hallar este elemento —ni siquiera trazas de él— en estado natural.

No fue sino hasta 1940 cuando el físico Edwin Mattison McMillan y el químico Philip Hauge Abelson, ambos de la Universidad de California en Berkeley, lo consiguieron al bombardear una delgada lámina de ²³⁸uranio con neutrones lentos en el ciclotrón instalado en dicha universidad. En este proceso sucedió algo inesperado: se emitieron rayos beta. Esto era una señal de que, quizá, se trataba de un nuevo isótopo, pero Abelson se encargó de demostrar que no era así. El ²³⁹neptunio era una realidad y había existido dos días y ocho horas. Un isótopo más duradero, el ²³⁷neptunio, se produjo en 1942, en el mismo ciclotrón de Berkeley. Lograron aislar unos cuantos miligramos y estudiaron de manera acuciosa sus propiedades.

Actualmente se obtiene como producto secundario en la producción de plutonio para reactores nucleares. El neptunio reacciona a la menor provocación, en particular con el oxígeno, el vapor de agua y ácidos, pero no con álcalis.

Np

SÍMBOLO

93

NÚMERO ATÓMICO



VIRGINIA CHÉVEZ



Virginia Chévez **Neptunio**

acrílico, hoja de plata, pigmentos puros y óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Plutonio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Cuando dio inicio el Proyecto Manhattan, en la década de 1940, la península del sur de la tabla periódica de los elementos (habitada por los lantánidos y los actínidos) terminaba con el uranio. Entonces las pilas —llamados ahora reactores nucleares— comenzaron a hacer su labor con el propósito de ampliar el horizonte hacia los transuránidos. Tal fue el caso del plutonio, detectado por primera vez en 1941. Los químicos Glenn T. Seaborg, Edwin McMillan, Joseph W. Kennedy y Arthur C. Wahl dejaron el laboratorio de los matraces y mecheros y se mudaron al acelerador de partículas circular, llamado ciclotrón, instalado en la Universidad de California en Berkeley.

Ahí bombardearon el isótopo ²³⁸uranio con deuterón, es decir, deuterio gaseoso, un isótopo estable del hidrógeno. Al cabo de ese lapso vieron cómo se transformaba, primero, en ²³⁹uranio, el cual despidió partículas beta y decayó en neptunio (²³⁹neptunio). A su vez, este isótopo inestable se transformó en plutonio, específicamente en ²³⁸plutonio, tan estable que existe alrededor de 24 000 años. Lo llamaron así para recordar Plutón, el ahora considerado planeta des- cubierto una década atrás. Años más tarde se encontraron trazas de plutonio en minerales de uranio, donde llega a ge- nerarse mediante la irradiación de neutrones.

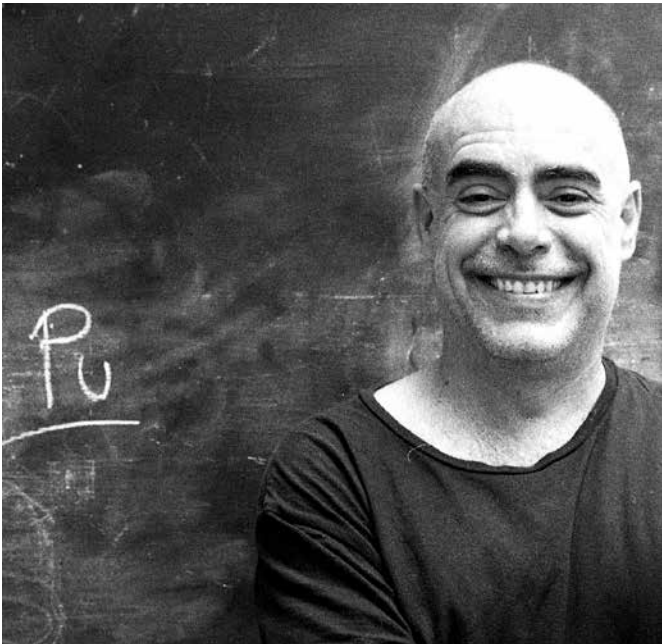
Este metal plateado, radiactivo como todos los de su gru- po, se torna amarillento cuando entra en contacto con el aire. Se han encontrado seis formas diferentes, alotrópicas, que difieren en estructura y densidad. Esto, y su reactividad quí- mica, ha atraído el interés de diversos investigadores. Es el más importante de los transuránidos, pues, al igual que el uranio, sirve de combustible en determinados reactores nucleares, así como en algunas ojivas de uso militar. Todos estos elementos radiactivos son muy dañinos dado que emiten partículas al- fa, las cuales son fácilmente absorbidas por la médula ósea. No obstante, gracias a la investigación básica, algunos de sus isótopos pueden aprovecharse de mejor manera. Por ejemplo,

Pu

SÍMBOLO

94

NÚMERO ATÓMICO



FERNANDO ACEVES HUMANA

la energía que se desprende durante el decaimiento alfa de ²³⁸plutonio se ha empleado en generadores termoelectrónicos, los cuales suministran potencia y, al mismo tiempo, calor a las baterías que mantienen en funcionamiento sondas espa- ciales como Curiosity, que explora el suelo marciano.



Fernando Aceves Humana *Plutonio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Americio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal radiactivo, sólido en condiciones normales, el americio no existe en estado natural, sino que se fabrica de manera artificial cuando el plutonio absorbe neutrones, por ejemplo, en un reactor nuclear, o bien durante los ensayos de armas que rompen átomos y provocan una letal reacción en cadena. La forma más común que se ha creado es el ^{241}Am .

Fue creado en el acelerador de partículas tipo ciclotrón localizado en la Universidad de California, en Berkeley, a fines de 1945, a cargo de un equipo de químicos dirigido por Glenn Theodore Seaborg, todos ellos fascinados por la cacería de partículas subatómicas que estaban llevando a cabo los físicos en esas instalaciones de altas energías. Aunque no fue fácil dar con él. De hecho, durante algún tiempo se le llamó “pandemonio”. Como quiera que haya sido, debe su nombre a que sus creadores (el mismo Seaborg, Ralph Arthur James, Leon Owen Morgan y Albert Ghiorso) deseaban recordar el país donde lo habían conseguido. Pero también para establecer una correspondencia con el europio, lantánido que se halla precisamente arriba del americio en la tabla periódica.

Debido precisamente a los ensayos de armas nucleares, se han encontrado en el ambiente rastros de americio en forma de polvo microscópico que viaja y deposita sus partículas diminutas tanto en los lechos marinos como en los sedimentos terrestres, si bien tienden a permanecer en la superficie, de manera que las hierbas, árboles y otras plantas que crezcan en las proximidades podrían absorber americio del suelo. Por fortuna, su presencia en los ecosistemas aún es casi insignificante.

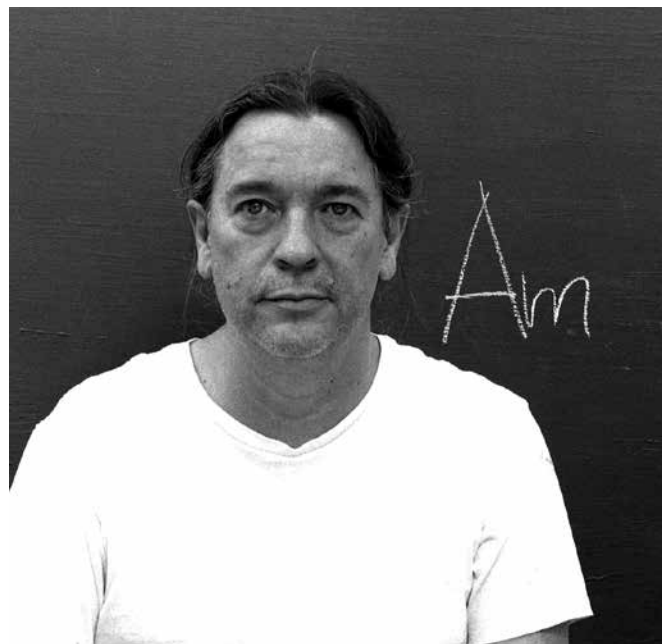
A pesar de ello, los pocos kilogramos que se obtienen cada año tienen un amplio uso, en pequeñísimas cantidades, en la fabricación de detectores de humo. Sin embargo, es necesario seguir con cuidado las instrucciones del fabricante para su mantenimiento y, sobre todo, cuando el dispositivo vaya a desecharse, pues el americio posee la capacidad de permanecer dentro de nuestro organismo durante muchos

Am

SÍMBOLO

95

NÚMERO ATÓMICO



VÍCTOR GUADALAJARA

años, lo cual aumenta los riesgos de contraer algún tipo de cáncer. En el futuro podría tener un uso como combustible de energía termonuclear de sondas espaciales, ya que hoy en día se cuenta con la radiactividad del plutonio, elemento fisible y, por ende, peligroso, mientras que el americio ya no es susceptible de fisión nuclear.



Víctor Guadalajara **Americio**

acuarela y encáustica/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Curio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El curio es uno de los pocos elementos sintéticos de la tabla. Su forma metálica, dura, densa, adopta tonos entre plateados y blanquecinos. Es maleable y reacciona en términos químicos. Al contacto con el aire, su superficie se oxida con rapidez y forma una delgada película. La mayoría de los compuestos en los que participa son estables y adquieren matices amarillentos a verdosos. Pertenece al grupo de los actínidos, si bien sus propiedades químicas lo acercan tanto a las tierras raras que podría confundirse con uno de estos elementos, excepto por su radiactividad. Es similar al gadolinio, pero con una estructura cristalina más compleja. El que en la actualidad no se pueda encontrar curio natural —aunque quizá haya trazas en algunas minas de uranio— no cancela la posibilidad de que en algún momento en la historia de la Tierra haya existido, pues se calcula que el isótopo más longevo, ²⁴⁷curio, tiene una vida media de unos dieciséis millones de años. En comparación, la Tierra ha existido aproximadamente cuatro mil millones de años. Tampoco se sabe cuánto hay en otras regiones del Universo.

En 1944, en el acelerador de partículas localizado en Berkeley, California, Glenn T. Seaborg, Ralph A. James y Albert Ghiorso obtuvieron curio por primera vez. Bombardearon plutonio (²³⁹plutonio) con partículas alfa. Cada reacción nuclear produjo un neutrón, además de un átomo de ²⁴²curio. Este isótopo del curio existe 162.8 días. Resultaba tan difícil separarlo del americio que lo llamaron “delirio”, antes de adoptar su nombre oficial en memoria del matrimonio Curie. Al americio lo llamaban “pandemonio”.

Una aplicación reciente del ²⁴⁴curio fue su uso en el espectrómetro que midió la abundancia de elementos químicos en rocas y suelos marcianos.

Cm

SÍMBOLO

96

NÚMERO ATÓMICO



ELENA GÓMEZ TOUSSAINT



Elena Gómez Toussaint **Curio**

acrílico, pigmentos y pintura en aerosol, 60 × 60 cm, 2019

Berkelio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Al igual que otros actínidos, el berkelio se presenta en colores blanco-plateados y es igualmente radiactivo. A temperatura ambiente adquiere una estructura de dos hexágonos muy constreñidos, mientras que en altas temperaturas se forma una estructura cúbica centrada en las caras, similar a los diamantes. Si bien es químicamente reactivo en presencia de aire, dicho proceso no es muy rápido debido a que enseguida se forma una capa de óxido, la cual actúa como protección. Se trata del quinto elemento transuránico creado en laboratorio, del que hasta ahora no se han encontrado trazas en la naturaleza.

Siguiendo el ejemplo de Mendeléyev, esto es, que un buen químico debe ser un avezado físico y, por ende, un físico sensible no debería ignorar la química—, Stanley G. Thompson, Albert Ghiorso y Glenn T. Seaborg exploraron la península de los actínidos, logrando ampliar su horizonte.

En 1949 bombardearon siete miligramos de un isótopo del americio ($^{241}\text{americio}$) con partículas alfa en el acelerador de partículas circular localizado en la Universidad de California en Berkeley. De cada reacción nuclear se obtuvo un isótopo del berkelio ($^{243}\text{berkelio}$) y dos neutrones. Entonces se dieron a la tarea de separar la ínfima cantidad del nuevo invitado de la tabla mediante procedimientos de precipitación y columnas de intercambio iónico a elevadas temperaturas. Sin embargo, no fue sino hasta 1958 que Burris B. Cunningham y Stanley G. Thompson, luego de haber irradiado con neutrones durante cinco años un isótopo del plutonio ($^{239}\text{plutonio}$), lograron generar 0.6 microgramos de berkelio, además de 1.2 microgramos de californio. Apenas en 1969 se pudo obtener un gramo de este metal. A la fecha se ha logrado producir una docena de isótopos, de los cuales se calcula que el más longevo de ellos, $^{247}\text{berkelio}$, tiene una vida media de 1 380 años.

Para nombrar algunos actínidos se hizo costumbre guiarse por el lantánido inmediato superior, es decir, si se refería a

Bk

SÍMBOLO

97

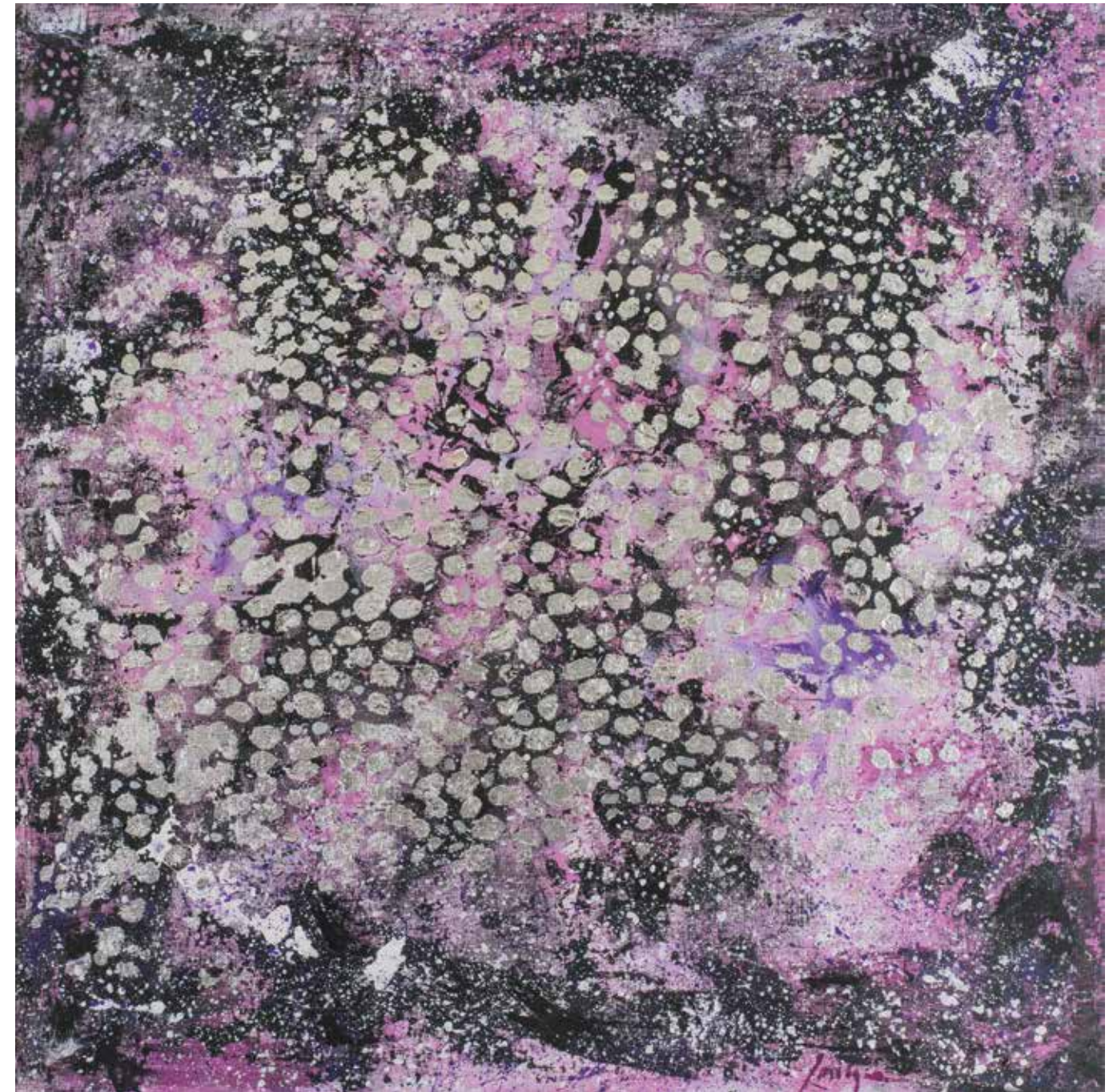
NÚMERO ATÓMICO



JOCELYNE MARMOTTAN

una persona o a una localidad, lo mismo se hacía con el inferior. Así, dado que el lantánido arriba del berkelio —el yterbio— debe su nombre al poblado sueco donde fue descubierto, entonces se honró la ciudad donde fue descubierto el actínido, en este caso Berkeley.

Dada su escasa producción, apenas tiene aplicaciones en investigación básica. Por ejemplo, el isótopo $^{249}\text{berkelio}$ se emplea para obtener elementos más pesados, como el laurencio ($^{260}\text{laurencio}$). No obstante, se han llegado a preparar y estudiar numerosos compuestos, si bien sólo en fase experimental. A través de su estudio es posible inferir propiedades y comportamiento de elementos aún más escasos y radiactivos.



Jocelyne Marmottan **Berkelio**

acrílico y hoja de plata/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Californio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El californio es uno de los quince metales actínidos localizados en el fondo de la tabla. Como varios de ellos, adquiere un color blanco plateado. Es artificial; no se ha encontrado ningún rastro en la superficie terrestre, aunque en 1956 un grupo de investigadores dijo haber identificado el espectro de uno de sus isótopos ($^{254}\text{californio}$) en una supernova.

En 1950, los investigadores de la Universidad de California en Berkeley Stanley G. Thompson, Kenneth Street, Albert Ghiorso y Glenn T. Seaborg produjeron el sexto de los transuránidos. Bombardearon un isótopo del curio ($^{242}\text{curio}$) con partículas alfa (es decir, átomos de helio sin electrones) en el acelerador de partículas tipo ciclotrón. En cada reacción se obtuvo $^{245}\text{californio}$, isótopo del californio con vida media de 45 minutos, y un neutrón libre. Lograron generar unos 700 000 átomos que formarían un cubo de 27 nanómetros.

El californio es maleable, tan suave que puede rebanarse con una navaja. No es tan reactivo como otros de su grupo. A temperatura ambiente se oxida muy lentamente y de manera irregular, presentando manchas aquí y allá. Se conoce su punto de fusión (900 °C), pero no el de ebullición. Tampoco se sabe cuán denso es. Los territorios ignotos de elementos pesados como el californio representan una invaluable oportunidad para químicos y físicos de ahondar en la intimidad de la materia luminosa. Tal es el caso del químico estadounidense Thomas E. Albrecht-Schmitt y sus colaboradores en la Universidad estatal de Florida. Sirviéndose de cinco gramos de californio —cantidad que, por tratarse de un elemento radiactivo, les costó interminables negociaciones y papeleo con el Departamento de Energía de Estados Unidos— han estudiado algunas características interesantes, entre ellas, que en realidad se trata de un elemento de transición, ya que comparte algunas propiedades con sus tres vecinos previos (americio, curio y berkelio), mientras que otras lo asemejan a los tres que le siguen: einstenio, fermio y mendelevio.

Cf

SÍMBOLO

98

NÚMERO ATÓMICO



RUBÉN ARENAS

Todos sus isótopos son radiactivos; el más estable, el $^{251}\text{californio}$, tiene una vida media de 800 años. El $^{252}\text{californio}$, cuya vida media es de 2 645 años, es una fuente poderosa de neutrones. Tan sólo un microgramo (0.000001 gramos) genera 170 millones de neutrones por minuto, por lo que se emplea en el arranque de reactores nucleares, en la industria militar, para la detección de minas de metales preciosos como el oro y la plata, así como para identificar la caducidad de materiales metálicos en aeronaves. Usando iones de calcio se bombardea un objetivo, en este caso, californio, con el propósito de crear elementos más pesados. De esa manera se llegó al oganesón, hasta hoy el miembro más joven con una casilla en la tabla. Otras aplicaciones tienen que ver con tratamientos para curar el cáncer cervical y el análisis de contenido de azufre en petróleo.



Rubén Arenas **Californio**
óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Einstenio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El einstenio es un actínido de color plata. En la oscuridad des- pide mucha energía en forma de luz azul debido a su acelera- do decaimiento (proceso de transformación) radiactivo. Esto dificulta su estudio. Es uno de los transuránidos artificiales más efímeros y difíciles de crear. El más duradero de sus isó- topos (²⁵²einstenio) tiene una vida media de 471.7 días. Su fugaz existencia recuerda los versos de Gilberto Owen: “Hu- biera algo, con luz o a oscuras lo vería, / fuese sólo una sombra soñada en las arenas, / que cayese la noche en su desierto”.

Su descubrimiento, junto con el fermio, sucedió de mane- ra inesperada por un grupo de investigadores conducidos por Albert Ghiorso. El 31 de octubre de 1952 se hizo estallar la primera bomba de hidrógeno, conocida como *Ivy Mike*, en las islas Marshall del océano Pacífico. Algunos de sus restos fue- ron recogidos mediante aviones no tripulados que volaron sobre el área de la explosión. Más tarde, a fin de recolectar más material, se examinaron centenares de kilos de coral que habitaba la zona. Entonces se procedió a crearlo en laborato- rio en cantidades minúsculas. En 1961 finalmente se produjo una cantidad que podía pesarse (0.01 gramos). Se consi- guió aislar en forma pura hasta la década de 1970. En 1955 se usó por primera vez el isótopo ²⁵³einstenio con el fin de ge- nerar mendelevio. Para ello se utilizó un picograma que fue bombardeado con partículas alfa.

No deja de ser irónico el que se haya elegido precisamen- te este elemento para recordar a Albert Einstein, alguien que practicó el pacifismo y se opuso a la fabricación de estas bombas. Antes de nombrarlo oficialmente se le llamó ate- nio, evocando la capital griega.

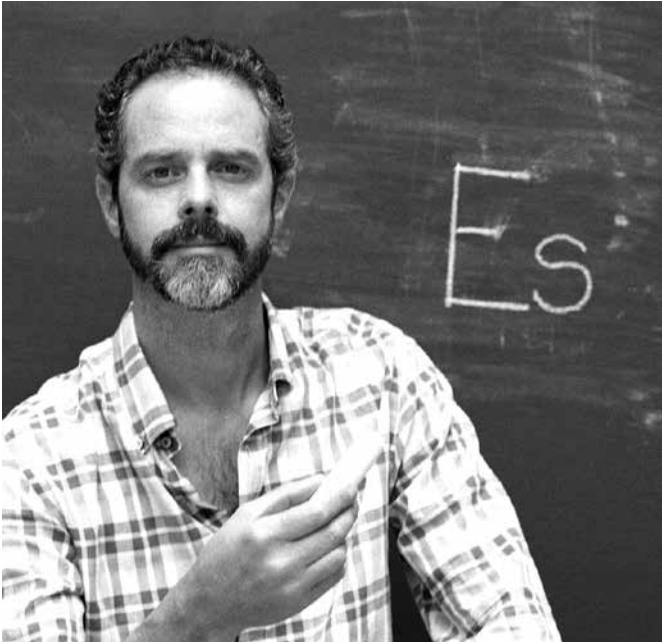
Si aceptamos la invitación del químico de Oxford sir Peter Atkins, de considerar la tabla como una carta de navegación por las diferentes regiones esenciales de nuestro mundo, nos damos cuenta de que, conforme descendemos y nos adentra- mos en la sureña tierra de los actínidos, lo que puede con- siderarse como el denominador común es su periodicidad

Es

SÍMBOLO

99

NÚMERO ATÓMICO



ADRIÁN GUTIÉRREZ

basada en el volumen atómico. Pero no es ésta la única pro- piedad de los elementos que los obliga a comportarse de ma- nera periódica. También la energía de ionización, es decir, la que se requiere para expulsar el electrón más externo de un átomo en su estado de mínima energía, determina la seme- janza y disparidad de los elementos con base en determi- nados periodos. La afinidad electrónica —es decir, la energía liberada cuando un átomo en fase gas y en su estado fun- damental añade un electrón a su estructura— también es reflejo de esta tendencia. Asimismo, el efecto pantalla (la disminución de la fuerza atractiva del núcleo de un átomo sobre los electrones más externos debido a la presencia de los que se encuentran en capas internas) y la electronega- tividad (la capacidad de un átomo en una molécula para atraer electrones hacia sí) son factores sujetos a semejante frecuencia periódica.



Adrián Gutiérrez *Einstenio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Fermio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

La creación de elementos artificiales es el juego del alquimista contemporáneo, un habitante de la casa de la mirada salpicada de acertijos físicos, donde, en palabras de Octavio Paz, “los espejos han escondido todos sus espectros, no hay nadie ni nada que ver, las cosas han abandonado sus cuerpos, no son cosas, no son ideas: son disparos verdes, rojos, amarillos, azules, enjambres que giran y giran, espirales de legiones desencarnadas, torbellino de las formas que todavía no alcanzan su forma”. El fermio es uno de ellos.

Lleva el nombre del legendario cazador de partículas subatómicas Enrico Fermi, quien había huido en 1938 hacia Estados Unidos debido al fascismo que se había apoderado de Italia. En Chicago dirigió el equipo de científicos e ingenieros que construyeron la primera “pila” atómica, precursora de los reactores nucleares. Ese mismo año de 1938, Fermi obtuvo el Premio Nobel por haber inventado la técnica de bombardear átomos de uranio con neutrones, factores cruciales para el descubrimiento de los elementos más pesados de la tabla, dado que la pila es precisamente el dispositivo que induce y controla la reacción luego de dicho bombardeo.

El fermio es el elemento metálico más pesado que puede generarse a partir de elementos más ligeros y mediante la técnica ideada por Fermi. En consecuencia, es también el más pesado de los que se crean cantidades macroscópicas, esto es, en gramos. Al igual que el einstenio y otros actínidos transuránidos, el fermio no existe en la naturaleza, si bien se sospecha que estos dos elementos existieron de manera temporal en los depósitos de uranio localizados en Okla, Gabón, área rocosa que presenta peculiares condiciones, por lo que fue una especie de reactor nuclear hasta que sus reservas de mineral disminuyeron considerablemente.

Se conocen al menos dieciocho isótopos, todos artificiales, radiactivos y efímeros. El ^{257}Fm , el más duradero, existe sólo cien días y medio, mientras que el ^{252}Fm dura 25.39 horas.

Fm

SÍMBOLO

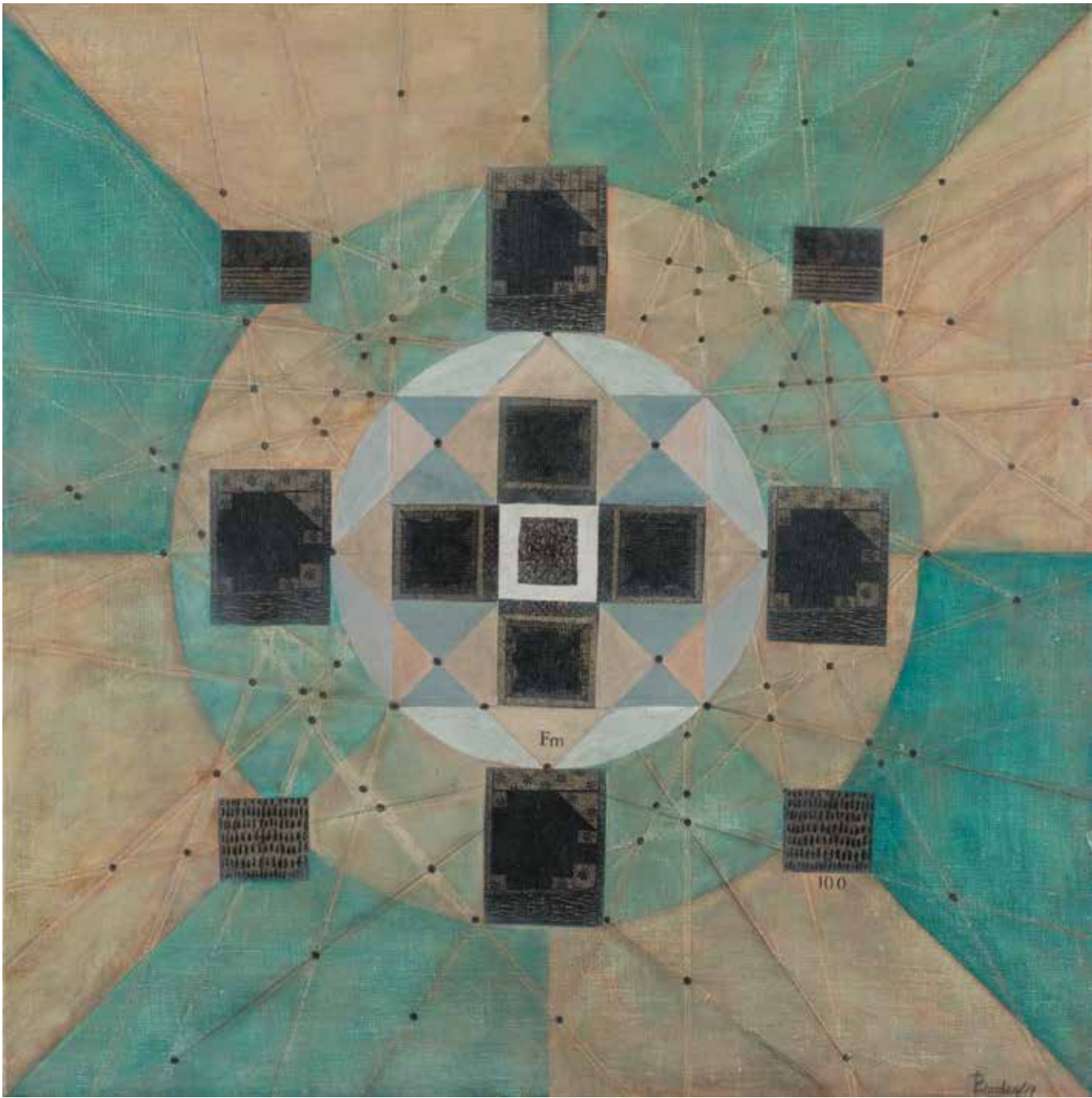
100

NÚMERO ATÓMICO



PILAR BORDES

Fue en 1952 cuando se le identificó, junto con el einstenio, en muestras recolectadas por aeronaves no tripuladas de la nube que había dejado la explosión de la primera bomba de hidrógeno sobre las islas Marshall del océano Pacífico. También se examinaron varios kilos de coral que vivía en el área afectada. El grupo dirigido por Albert Ghiorso apenas pudo generar unos 200 átomos del isótopo ^{255}Fm . Se utilizó ^{238}U a fin de romper los núcleos de 17 neutrones por cada reacción. El isótopo del uranio experimentó hasta ocho frenéticas transformaciones (decaimiento beta). Los resultados de esta investigación tuvieron que esperar tres años para ser publicados a causa de la Guerra Fría.



Pilar Bordes **Fermio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Mendelevio

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

El mendelevio pertenece a la serie de los actínidos y apenas se conoce, ya que sólo se han creado despreciables cantidades. ¿Podría ser sólido, de tonalidades blanquecino-plateadas? ¿Denso, suave, duro, quebradizo, maleable? Nadie lo sabe. Nunca se ha visto en su forma metálica, aunque es parte del grupo de los transuránidos artificiales que no se han detectado libres ni dentro de algún mineral en la naturaleza. Tampoco se ha observado en otras partes del Universo. Su procedencia, como la de varios de sus vecinos en la tabla periódica, son los aceleradores de partículas, en particular el ciclotrón que se instaló en Estados Unidos durante la década de 1930.

En 1955, un grupo de científicos de la Universidad de California en Berkeley —entre ellos varios de los primeros exploradores de territorios desconocidos de la tabla, como Albert Ghiorso, Bernard G. Harvey, Gregory R. Choppin, Stanley G. Thompson y Glenn T. Seaborg— continuaron ampliando el panorama de los actínidos. En el laboratorio que lleva el nombre del inventor de los ciclotrones, Ernst O. Lawrence, bombardearon alrededor de mil millones de átomos —una cantidad ínfima desde nuestro punto de vista macroscópico— de un isótopo del einstenio (²⁵³einstenio) con iones de helio (partículas alfa). Lo que obtuvieron fue un suspiro, unos cuantos átomos del isótopo del mendelevio, ²⁵⁶mendelevio. Repitieron el experimento en una docena de ocasiones hasta que lograron crear ¡diecisiete átomos! identificados mediante un análisis químico. De hecho, fue el primer elemento en la historia creado prácticamente átomo por átomo.

Se conocen quince isótopos más del mendelevio, todos radiactivos y efímeros. El menos estable es el ²⁵⁹mendelevio, con una vida media de 96 minutos, mientras que el más longevo es el ²⁵⁸mendelevio, cuya existencia media alcanza 51.5 días. Este último se ha estudiado mediante sofisticadas técnicas, por lo que pueden deducirse algunas propiedades, como sus probables estados de oxidación. Algunos de ellos se han

Md

SÍMBOLO

101

NÚMERO ATÓMICO



José Nuño

generado no sólo en ciclotrones, sino también en aceleradores lineales de partículas.

Quizá debido a su rareza, en un principio se usó la palabra “unnilunio” para referirse al noveno elemento de los transuránidos, antes de llamarlo oficialmente mendelevio. Sin embargo, aquí se rompió la costumbre de nombrarlo según el lantánido inmediato superior, casilla que le corresponde al tulio, de *thule*, el cual evoca una región geográfica, Escandinavia, y no a una persona. Pero, ¿quién podría negarle un sitio a Dmitri en la tabla que él ayudó a confeccionar?



José Nuño **Mendelevio**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Nobelio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

Al igual que los transuránidos creados artificialmente en laboratorio, se presume que el nobelio es un sólido metal actinoide. Semejante incertidumbre ha impedido estudiar sus propiedades químicas y físicas. Además, su existencia es efímera. Se conocen diez isótopos, de los cuales el más estable, el ²⁵⁹nobelio, tiene una duración media de 58 minutos.

Su descubrimiento causó polémica. En 1957, un grupo de investigadores del Instituto de Física Alfred Nobel, con sede en Estocolmo, fue el primero en reportar el hallazgo de un isótopo que emitió partículas alfa en su decaimiento, con una existencia de diez minutos. Lo llamaron nobelio, en memoria del inventor de la dinamita y benefactor de las ciencias y las artes. Un año más tarde, Albert Ghiorso, Torbjørn Sikkeland, Joseph R. Walton y Glenn T. Seaborg bombardearon curio con átomos de carbono en un acelerador lineal de iones pesados instalado en la Universidad de California en Berkeley. Lograron avistar el isótopo del nobelio, ²⁵⁴nobelio.

Ese mismo año, en el Instituto de Investigaciones Nucleares localizado en la ciudad rusa de Dubna, a orillas del río Volga, un equipo de la extinta Unión Soviética, bajo la dirección de Georgy Flerov, llegó a resultados similares. Lo llamaron unnilibio. Sin embargo, otros experimentos realizados en Moscú, así como en las mismas instalaciones de Dubna y en Berkeley, no encontraron nada. Con paciencia y dedicación, durante la siguiente década estos mismos laboratorios siguieron investigando. Finalmente, la Unión Internacional de Química Básica y Aplicada determinó que el reporte generado en 1966 por el equipo que originalmente había llevado a cabo el experimento en 1958 debía llevarse el crédito, sin menospreciar el trabajo de los demás, y que el nombre honraría la memoria del químico sueco. Así se estableció la existencia del isótopo ²⁵⁴nobelio, el cual emite partículas alfa en su decaimiento y experimenta una vida media no mayor a los 51 segundos.

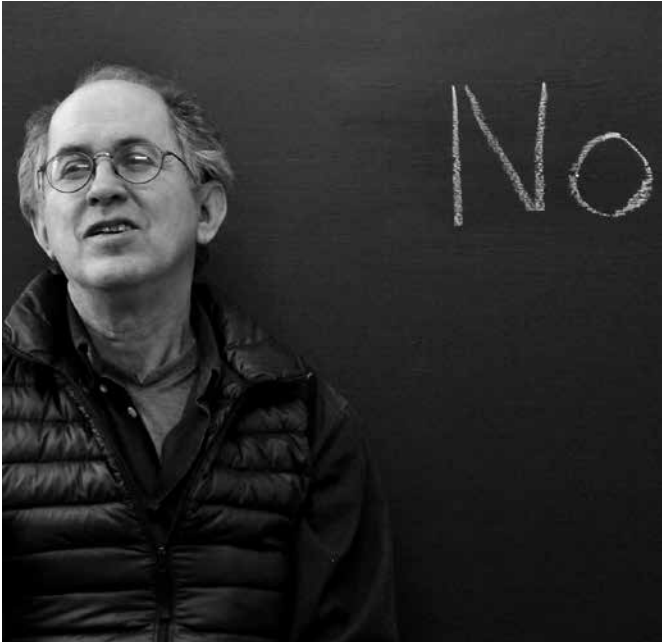
El isótopo más estable es el ²⁵⁹nobelio, que llega a existir 58 minutos. Los investigadores han sumergido algunas

No

SÍMBOLO

102

NÚMERO ATÓMICO



TOMÁS GÓMEZ ROBLEDO

trazas en cierta solución acuosa a fin de conocer algunas propiedades de oxidación, en comparación con su correspondiente lantánido, el yterbio. Por deducción, se cree que el No^{2+} se asemejaría al calcio, al estroncio y al bario. Aunque nunca ha sido visto en su forma metálica, es probable que, en su forma pura, se parezca al europio.

El hecho de que, en este caso, no se haya reconocido la prioridad de Albert Ghiorso, no demerita su extraordinario trabajo en la expansión de la tierra de los actínidos transuránidos. Físico nuclear de origen, quedó embelesado por la naturaleza de los elementos químicos e inventó diversas técnicas para crear formas materiales a partir de otras. Junto con el químico Glenn T. Seaborg y otros colaboradores produjo durante el siglo xx doce elementos que se agregaron a la tabla periódica.



Tomás Gómez Robledo **Nobelio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Lawrencio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

El lawrencio es el último de los actínidos, grupo de elementos que se ubican en esa prolongada pausa que se abre entre los elementos 89 y 103 de la tabla periódica. Metal sumamente radiactivo, no obstante, el lawrencio nunca se ha conseguido obtener como tal. Las trazas creadas permiten saber que, en determinada solución acuosa, se comporta como un ión trivalente, a diferencia de su vecino, el nobelio. Dado que es artificial, no se conoce en estado natural ni se sabe de su existencia en algún otro sitio del Universo.

Fue generado en 1961 en el campus de Berkeley de la Universidad de California, por Albert Ghiorso, Torbjørn Sikkelnad, Almon E. Larsh y Robert M. Latimer. A diferencia de otros elementos creados en aceleradores circulares o ciclotrones, el lawrencio se obtuvo mediante un acelerador lineal. En un blanco u objetivo de tres miligramos de californio bombardearon una mezcla de los isótopos 249 a 252 con iones de boro, ¹⁰boro y ¹¹boro. En ese momento no supieron la masa exacta de lawrencio producido, ya que se trataba de una “ensalada” de isótopos de californio, pero más tarde nuevos cálculos sugirieron que lo que habían descubierto era el isótopo ²⁵⁷lawrencio, con una existencia de 4.2 segundos.

También se creó el isótopo ²⁵⁶lawrencio en el Instituto de Investigaciones Nucleares en la ciudad rusa de Dubna, en 1965, bombardeando americio con oxígeno. Otras formas de generarlo es bombardeando un isótopo del californio, ²⁴⁹californio, con iones del ¹¹boro, así como el ²⁶⁰lawrencio mediante la irradiación de un isótopo del berkelio, ²⁴⁹berkelio, con iones de un isótopo del oxígeno, ¹⁸oxígeno.

Para nombrar este elemento se decidió honrar la memoria del físico nuclear Ernst O. Lawrence, inventor del acelerador de partículas circular conocido como ciclotrón. En 1929, Lawrence ideó un pequeño prototipo de un acelerador de partículas subatómicas sin la necesidad de altos voltajes. No medía más de once centímetros. Dichas partículas eran movidas por un campo magnético que generaba un

Lr

SÍMBOLO

103

NÚMERO ATÓMICO

SAÚL SERRANO

potente eletroimán, obligándolas a seguir una trayectoria circular. Dos años más tarde comenzó la construcción de una instalación cuasi industrial, la cual albergaba un acelerador de 69 centímetros. En 1939 logró echar a andar uno de 152 centímetros, y en 1940 consiguió fondos para construir otro más grande, de 467 centímetros. Sin embargo, la Segunda Guerra Mundial desvió la investigación atómica hacia fines bélicos. Una vez terminada la confrontación armada, Lawrence pudo continuar sus investigaciones, que exigían artefactos más potentes. Así, a finales de 1946 arrancó su nueva máquina, el sincrociclotrón de 467 centímetros. Hoy en día, espectaculares aceleradores de 27 kilómetros de diámetro, como el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), en Ginebra, Suiza, están inspirados en el trabajo de Lawrence.



Saúl Serrano *Lawrencio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Aluminio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Poco más del 8 % de la superficie de nuestro planeta está constituida de aluminio, un metal no ferroso, ligero, de color blanco plateado, muy blando y frágil. Su abundancia sobrepasa la de cualquier otro elemento metálico y, al igual que algunos de ellos, nunca se encuentra en estado libre naturalmente. Entre los elementos de la tabla, sólo las cantidades de oxígeno y silicio son mayores. Podemos hallar el aluminio en rocas ígneas como aluminosilicatos, por ejemplo; en feldespatos y feldespatoides (similares a los primeros pero con estructura distinta) y en micas. También existe en el barro y en minerales como la laterita —rica en hierro—, y principalmente en la bauxita, una mezcla de óxidos de aluminio hidratado. Es un magnífico conductor de la electricidad y el calor.

En 1809, Humphry Davy estuvo muy cerca de descubrirlo pero sólo obtuvo una aleación con fierro. Fue en 1825 cuando Hans Christian Ørsted logró aislarlo mediante la reducción de cloruro de aluminio con una amalgama de potasio. Dos años más tarde, Friedrich Wöhler pudo comenzar a estudiar sus propiedades gracias al polvo y grumos de materia elemental que consiguió purificar en su laboratorio.

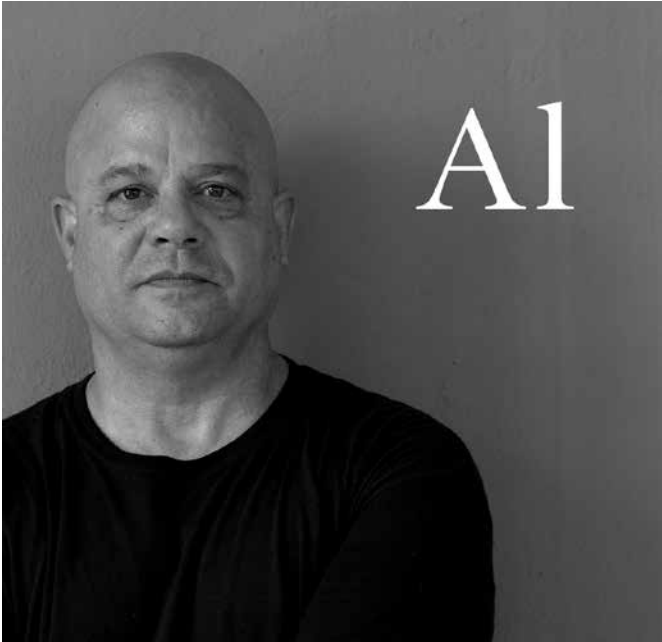
Uno de sus compuestos importantes es la alúmina (óxido de aluminio), que puede extraerse de un mineral, el corindón, si bien se produce en grandes cantidades pues tiene interés para quienes fabrican materiales aislantes. Ha resultado un compuesto útil para secar gases y algunas sustancias líquidas. Destaca el óxido de aluminio anódico debido a su peculiar nanoestructura, la cual presenta poros cilíndricos, pequeñísimas áreas donde los químicos pueden aprovechar características tales como su estabilidad en términos mecánicos y térmicos y, al mismo tiempo, transparencia y capacidad aislante del flujo eléctrico. También son muy valiosas las sales del sulfato de aluminio en la fabricación de papel, tintas y como microrelleno de superficies. Forma parte de los sulfatos dobles conocidos como alumbres. El más importante es el sulfato de aluminio y potasio, de donde deriva

Al

SÍMBOLO

13

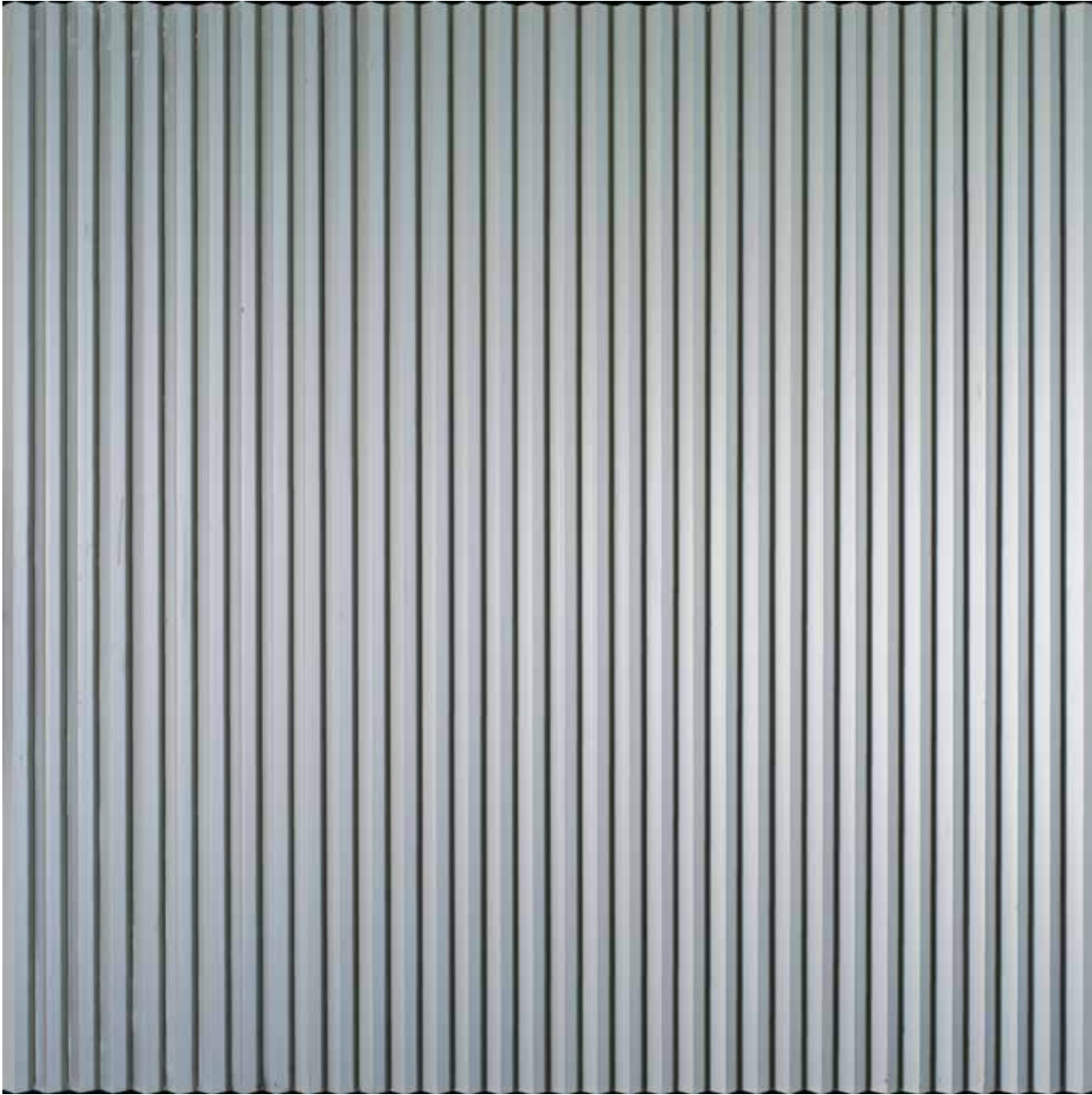
NÚMERO ATÓMICO



SAÚL VILLA

su nombre, pues el vocablo latino para referirse a este compuesto es *alumen*. Otros compuestos de primer orden son el cloruro de aluminio, protagonista de diversas reacciones orgánicas sintéticas; el hidróxido de aluminio, con el que se fabrican telas resistentes a líquidos como el agua; y el hidruro de litio y aluminio, de gran utilidad para los químicos orgánicos cuando desean convertir, respectivamente, aldehídos y cetonas en alcoholes primarios y secundarios.

Parfraseando a José Gorostiza, alejandrita impúbera de follaje subterráneo, aquamarina clara como lengua fidedigna, geórgica esmeralda que se anega en el abril de su robusta clorofila, granate ahogado en el agua escarlata de su canto, rubí de angélicos melindres, zafiro de ojos azul titanio, azul fierro, espinela salpicada de impurezas que la engalanan, acompañada de sus lindas amigas, topacio, turmalina y turquesa, son gemas con un cómplice común: átomos de aluminio.



Saúl Villa **Aluminio**
aluminio/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Galio

NOMBRE

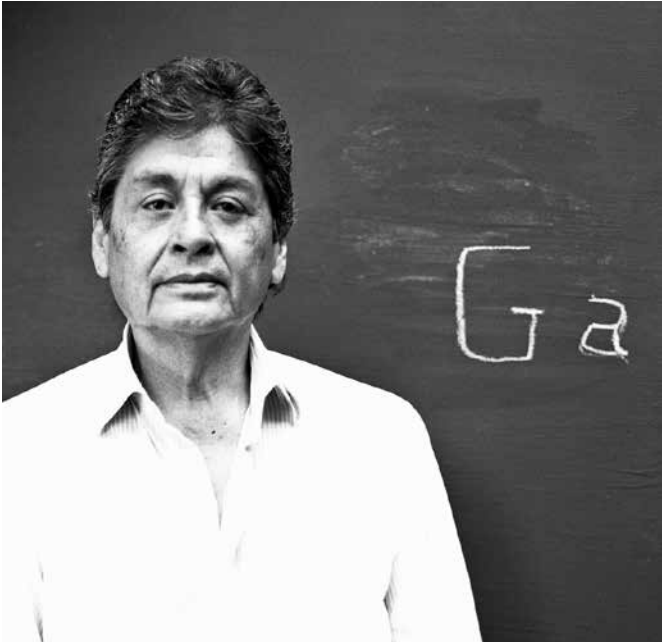
Sólido

ESTADO FÍSICO

Fue un francés, Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran, quien encontró el eka-aluminio que Dmitri Mendeléyev había teorizado unos cuantos años antes. Cuando Mendeléyev diseñó su tabla periódica, ordenó los elementos conocidos según su masa atómica, pero dejó espacios vacíos, los cuales, predijo, serían ocupados por los eka-elementos. Las propiedades de éstos harían eco de los elementos cercanos según su ordenamiento, con lo cual Mendeléyev pudo predecir algunas de sus características. El territorio que conocemos como Francia, en la Edad de Hierro, se llamaba Galia. El galio, bautizado así en honor a la tierra de Lecoq de Boisbaudran, fue el primero de estos elementos en descubrirse. Tan exactos fueron los cálculos de Mendeléyev que cuando Lecoq —“El Gallo”— publicó las propiedades de su nuevo elemento, Mendeléyev le escribió para decirle que la densidad que él reportaba parecía incorrecta. Más tarde, los experimentos confirmarían que, en efecto, la densidad del galio es muy cercana a la que Mendeléyev había encontrado.

Las propiedades del galio no dejan de sorprender. Es un sólido blando, plateado y brillante a temperatura ambiente, pero tiene un punto de fusión bajo. Un día caluroso es suficiente para derretirlo. Las cucharas hechas de galio lucen igual que las de plata o de acero, pero “desaparecen” al contacto con el agua hirviendo y pueden deformarse, en apariencia, gracias a la mirada de un mago, quien en realidad tuvo la precaución de calentarse las manos antes de tomarla. Estos trucos no nos deben hacer creer que el galio es temperamental. Por el contrario, la temperatura de fusión del metal (29.7646 °C) es uno de los puntos de referencia en la escala internacional de temperatura. Es uno de los pocos materiales cuya fase sólida es menos densa que su fase líquida, por lo que los cristales de galio pueden flotar sobre el galio líquido de la misma manera que el hielo flota sobre el agua.

Una de las aplicaciones más inusuales del galio es su uso para detectar neutrinos. El galio también engalana circuitos



ALFREDO CARDONA CHACÓN

integrados, láseres, celdas solares y LED. Esto, gracias a las propiedades semiconductoras de los compuestos de galio (la capacidad del liberar un electrón y conducir energía eléctrica). El arseniuro de galio y el nitruro de galio son hermanos enemigos: el primero, al tener una brecha energética baja, conduce electrones con facilidad, mientras que el segundo se resiste un poco más a ser conductor. El arseniuro se usa en LED rojos, y el nitruro, en azules. Uno en diodos infrarrojos y el otro en violetas. Estas propiedades han permitido el desarrollo de los circuitos en dispositivos portátiles como las laptops y los celulares, así como los LED de luz blanca.

El descubrimiento del galio elemental, irreductible e irreducible, es el asterisco que marca el triunfo de ese obelisco periódico que diseñó Dmitri Mendeléyev. No ha cesado de abrir panoramas tecnológicos, ha roto ideas fijas y nos ha maravillado con su posición mágica en la tabla.

Ga

SÍMBOLO

31

NÚMERO ATÓMICO



Alfredo Cardona Chacón *Galio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Indio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

Al igual que varios de los elementos descubiertos en la naturaleza, éste fue encontrado por casualidad, mientras el químico alemán Ferdinand Reich buscaba otra cosa. En efecto, en 1863, Reich intentaba dilucidar si un mineral de sulfuro de zinc, llamado esfalerita, contenía también telurio. Pero gracias a sus cuidadosas observaciones surgió algo nuevo en el interin.

Primero metió al horno la esfalerita a fin de remover una buena parte del sulfuro y luego bañó el material restante con ácido clorhídrico. Lo que apareció fue una diminuta gota de un color sólido. Reich tuvo la corazonada de que el precipitado era, en realidad, el sulfuro de un elemento desconocido hasta entonces. Para demostrarlo, debía pasar una muestra por el espectrógrafo. Pero su daltonismo no le permitió obtener una conclusión fidedigna, por lo que tuvo que recurrir a un colega, Hyeronimus Theodor Richter. Éste observó en la llama que producía el material una clara y brillante línea de color índigo (de ahí deriva su nombre), la cual no coincidía con el espectro de ningún elemento conocido. Más tarde ambos consiguieron aislarlo mediante una larga serie de precipitaciones.

El indio es suave y lustroso; su apariencia recuerda la plata, aunque es un poco más blanquecino. Al igual que el galio, se comporta como líquido en un rango amplio de temperaturas. Así, tiene la capacidad de adherirse y formar una capa intramolecular con objetos de vidrio y otras superficies similares. Precisamente las aleaciones de indio y galio son convenientes, por ejemplo, para sustituir el uso de mercurio en ciertas aplicaciones, ya que pueden fundirse a tan sólo 16° C y no son venenosas, como sí lo es el mercurio.

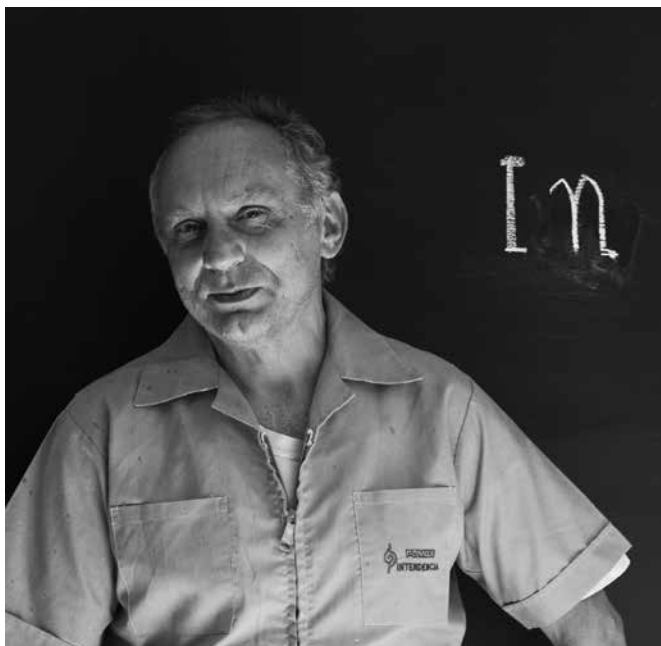
Son importantes los compuestos de indio para la industria de los semiconductores, así como para la fabricación de transistores a base de germanio, termistores (sensores de temperatura mediante resistencia que presenta determinado semiconductor), rectificadores y celdas fotoeléctricas.

In

SÍMBOLO

49

NÚMERO ATÓMICO



LUCIANO SPANÓ

A diferencia de otros elementos, el indio no se encuentra en grandes concentraciones dentro de rocas minerales. ¿Cómo se obtiene? Como un producto derivado del refinamiento de zinc, si bien también puede obtenerse de minerales de hierro, plomo y cobre.



Luciano Spanó **Indio**

acrílico, pigmento, óleo y fuego/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Talio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metal suave, de tonos plateados, su estado natural es sólido. Se le conoce como “el veneno del envenenador” debido a su aguda toxicidad y lo difícil que resulta rastrear su presencia dentro de un organismo vivo, por lo que generalmente se descubre cuando ya es demasiado tarde.

La célebre escritora británica de relatos detectivescos, Agatha Christie, escribió varias novelas en las que sus personajes se sirven de diversos venenos para deshacerse de sus víctimas. En una de ellas, *El misterio de Pale Rose*, describe con asombrosa minuciosidad los efectos terribles del talio en el cuerpo humano, que suelen iniciar con la vergonzosa y súbita caída de mechones de cabello, acompañada de diarrea y vómitos. Quienes sobreviven al envenenamiento pueden padecer dolores de cabeza, depresión, e incluso temblores y parálisis.

En 1850, el científico británico William Crookes recibió un depósito que contenía selenio, proveniente de una fábrica de ácido sulfúrico. Al extraer el selenio se quedó con residuos que parecían ser otra cosa, probablemente telurio. Once años más tarde encontró su espectro. En 1862, el mismo Crookes y el francés Claude-Auguste Lamy lo aislaron, cada uno por su cuenta. Crookes decidió llamarlo evocando la palabra griega *tallos*, que significa “pequeña rama verde” o, simplemente, tallo. Es tan maleable que puede rebanarse con un cuchillo de mesa.

Durante algún tiempo, el sulfato de talio —inodoro e insípido— se usó como raticida e insecticida, aunque hoy en día está prohibido en muchas partes del mundo por el riesgo para otras especies, incluidos los humanos. Suele afectar el sistema nervioso: provoca fiebres y ocasiona delirios. Asimismo, se usó para intentar curar enfermedades como la malaria, la tuberculosis y el tifo.

El sulfuro de talio presenta una conductividad eléctrica eficaz, por lo cual se usa en la fabricación de celdas fotovoltaicas. Equipos de detección de rayos gamma contienen

Tl

SÍMBOLO

81

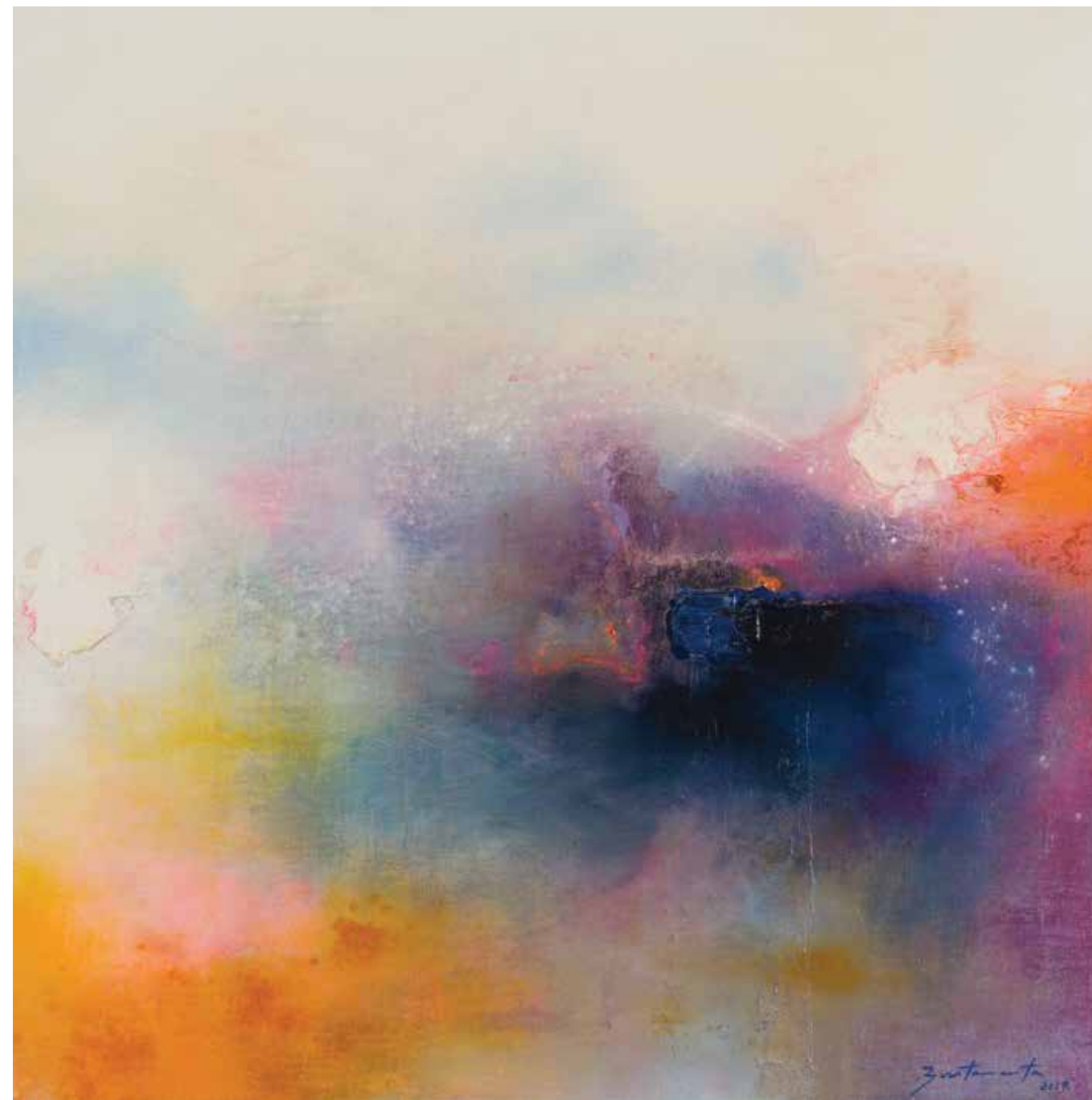
NÚMERO ATÓMICO



JOSÉ LUIS BUSTAMANTE

talio. El óxido de talio se utiliza en la producción de un vidrio con un índice alto de refracción.

Se emplea, sobre todo, en semiconductores e instrumentos infrarrojos, en termómetros de baja temperatura, y como catalizador de reacciones orgánicas. Pero también tiene un uso práctico en la producción de vidrio y cristalería. Podemos encontrarlo en el humo de los cigarrillos y en algunos fuegos artificiales, en pigmentos, e incluso en ciertos trabajos de joyería.



José Luis Bustamante **Talio**

óleo/hoja de plata/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Estaño

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El estaño es un metal suave, flexible, de aspecto brillante, con tonalidades grisáceo-plateadas. Es resistente a la corrosión, por lo que se emplea como recubrimiento en envases de acero a fin de conservar alimentos y bebidas. Es tan dúctil que con él se pueden fabricar láminas cuyo espesor no supera una milésima de centímetro.

Existen dos formas alotrópicas: una de color blanco, conductor de la electricidad, y otra gris, semiconductor. También es usado en aleaciones de soldadura blanda (con plomo), en bronce y, sobre todo, en peltres. Sus compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, tienen enorme utilidad en galvanoplastia, cerámica y plásticos, así como en la agricultura, como parte de pesticidas. En aleación con el niobio produce un metal superconductor, el cual se emplea para fabricar cables. El estaño no es tóxico, pero en forma orgánica sí lo es.

Es uno de los elementos que ha servido a las sociedades humanas desde hace varios siglos. El bronce —una aleación de estaño, cobre y otros metales— cambió de manera decisiva las culturas antiguas desde hace por lo menos cinco mil años. Además del bronce, el estaño es popular porque con él se fabrican latas, esenciales para la movilidad de las personas, desde ejércitos enteros hasta exploradores avezados.

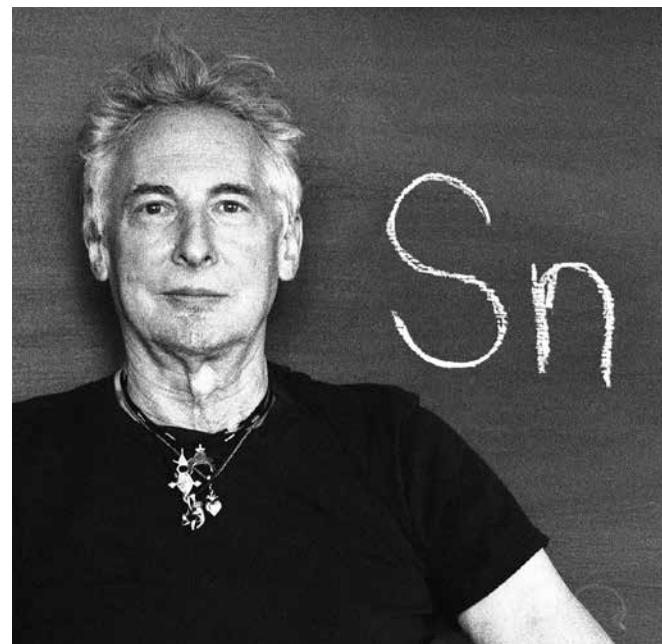
En 1795, Napoleón Bonaparte ofreció una recompensa a quien encontrara una manera eficaz de conservar comida mientras llevaba a cabo sus campañas militares. En 1810, el chef Nicolas Appert obtuvo el premio de doce mil francos luego de inventar el proceso de hervir alimentos y bebidas, dejarlas enfriar y luego sellarlas. Ese mismo año, el británico Peter Durand patentó un procedimiento mediante el cual recubría con estaño envases de acero a fin de conservar alimentos. La combinación de las propiedades del estaño y los relativamente reducidos costos de producción de acero resultó ideal. Sin embargo, a mediados del siglo xx se introdujeron las latas de aluminio, más ligero, barato y reciclable.

Sn

SÍMBOLO

50

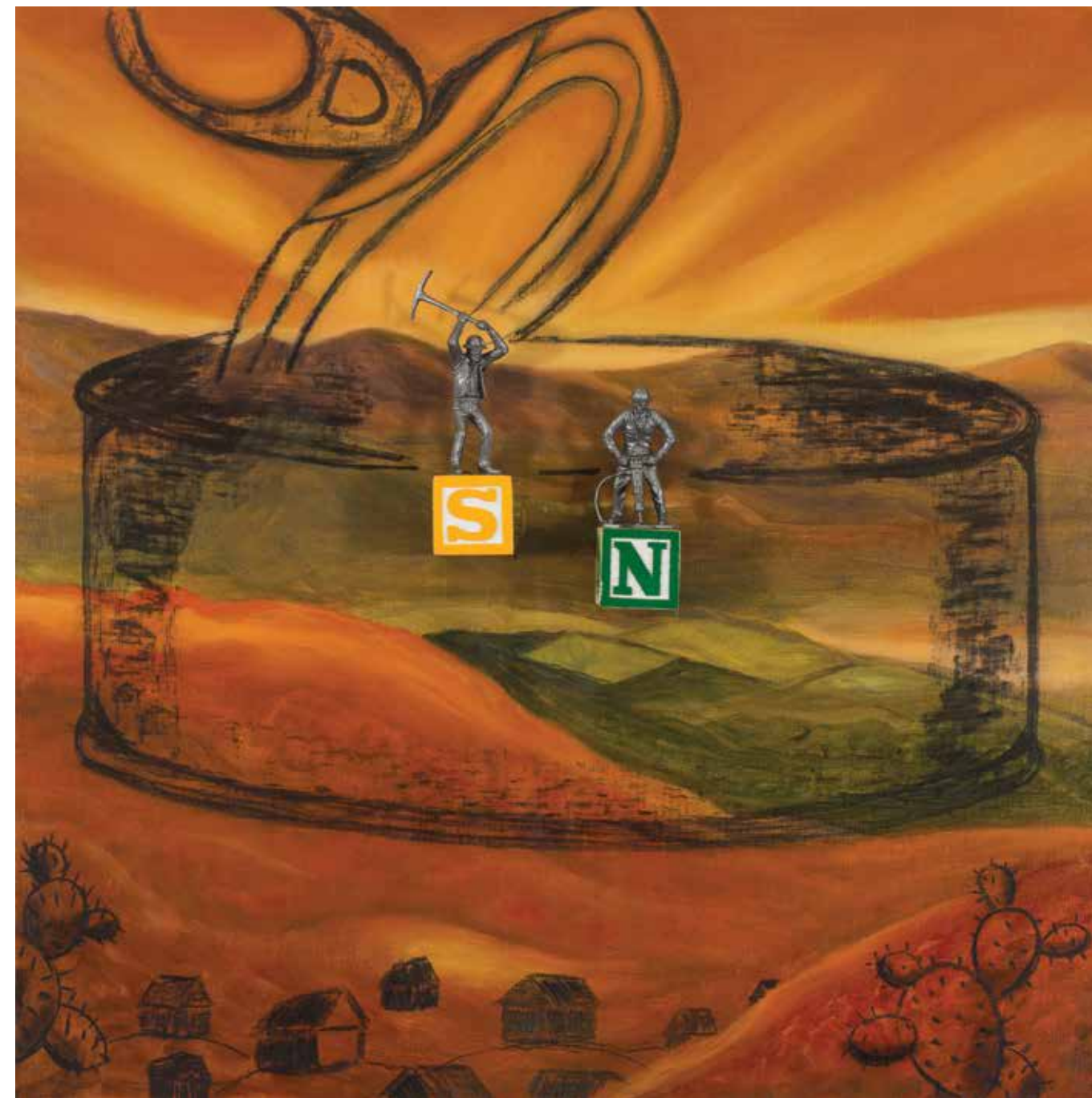
NÚMERO ATÓMICO



BARRY WOLFRYD

Las estatuillas Oscar, con las que se premian obras cinematográficas, están hechas de un metal llamado britannia, compuesto sobre todo por estaño con un poco de cobre y antimonio, más una delgada capa de oro.

Los investigadores han creado el estaneno, un alótropo bidimensional cuyo espesor apenas alcanza el tamaño de un átomo y forma una malla hexagonal. Aún no tiene aplicaciones prácticas, si bien su estudio a la luz de las propiedades topológicas de la materia en el nivel cuántico podría impulsar este campo prometedor.



Barry Wolfryd **Estaño**

óleo, encausto, madera y figuras de plástico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Plomo

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El plomo es letal en muchas formas, ya sea en la cáscara de una bomba, en forma de bala o disuelto en la sangre. Su toxicidad fue descrita por primera vez en un papiro médico del antiguo Egipto, y su reputación nefaria era conocida entre los médicos romanos. Pese a sus reconocidos males, el plomo ha sido utilizado por milenios gracias a la facilidad para obtenerlo, su maleabilidad y su resistencia a los elementos.

El envenenamiento por plomo puede ser dulce. El acetato de plomo, también conocido como “azúcar de Saturno”, se utilizó para endulzar el vino en la Antigüedad, y más adelante, como un veneno. Hoy en día es sencillo detectar trazas de plomo gracias a la química moderna, pero su uso para adulterar el vino era común durante la Edad Media, y causó muerte —incluyendo la del Papa Clemente II— y enfermedad, al menos hasta finales del siglo XVIII. Se ha culpado al vino plúm-bico de la enfermedad de Ludwig van Beethoven: la cirrosis alcohólica exacerbada por el metal podría haber sido la causa de su deceso. El saturnismo —así llamado el envenenamiento plúmbeo— se caracteriza principalmente por su terrible efecto en el cerebro y por fuertes dolores abdominales. Además de causar jaquecas y desmemoria, vuelve a los enfermos irritables, incluso violentos, y disminuye sus habilidades cognitivas, incitando a pasar de la pluma al plumazo. Se ha especulado que el plumbismo pudo haber contribuido al desplome del Imperio Romano gracias al agua contaminada en las plomerías.

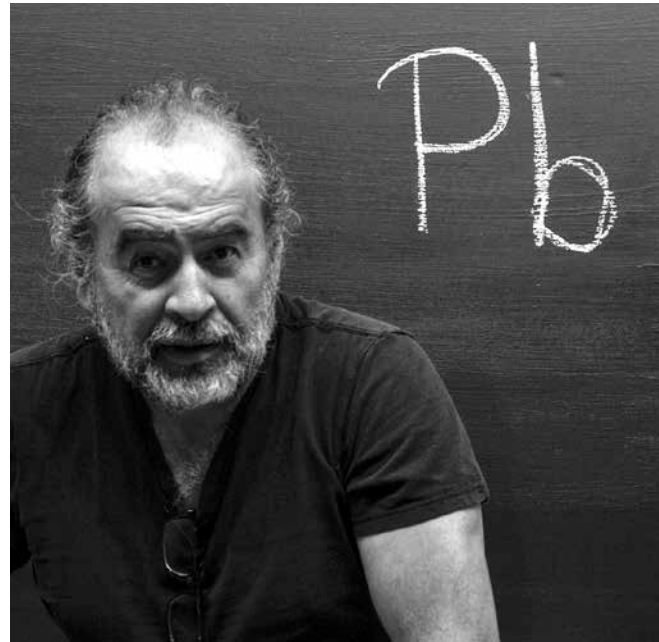
Se sospecha que las pinturas a base de plomo han manchado la vida de varios artistas. La cerusita o blanco de plomo es un pigmento de gran estabilidad, durabilidad y opacidad, que permitía cubrir las superficies con pocos trazos y hasta hace algunas décadas aún era común encontrarlo. La lista de pintores aquejados por males atribuibles al plomo es notable: Miguel Ángel, Caravaggio, Rubens, Rembrandt, Goya, Van Gogh, Renoir, Klee y Frida Kahlo. Hoy en día se ha sustituido al plomo con pigmentos de zinc o de titanio, con-

Pb

SÍMBOLO

82

NÚMERO ATÓMICO



ARTURO BUITRÓN

siderablemente menos tóxicos pero también menos opacos. Este pigmento se usaba también en cosméticos: la reina de Inglaterra Isabel I lo utilizaba en una mezcla con vinagre para lucir con aplomo una piel impenetrablemente blanca.

Su uso en la historia reciente se asemeja a una fábula de la que nos negamos a aprender. A pesar de las advertencias de médicos romanos, muertes notables y pintores debilitados, el plomo sigue apareciendo en productos comerciales. El tetraetilo de plomo se agregaba como aditivo a la gasolina hasta hace poco, asfixiando el aire y causando intoxicación masiva. Aún encontramos este metal pesado en algunos tintes para el pelo, baterías, vidriados y soldaduras. Su presencia en el mercado ha sido un verdadero acto de alquimia que lo ha transformado en oro.



Arturo Buitrón **Plomo**

plomo, soldadura de estaño, ácido, óleo y fierro/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Bismuto

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Cristalino, duro, quebradizo, el bismuto tiene un brillo lustroso de color blanco con tonalidades rosas, a veces plateadas. Es el más metálico y el menos abundante de los elementos del grupo del nitrógeno. Se considera un metal posterior a los de transición. Se presenta en estado natural y en minerales como la bismutinita y la bismita. Los principales depósitos se localizan en Canadá, Bolivia, Japón, México y Perú. Por su parte, Estados Unidos produce cantidades significativas como material secundario durante el refinamiento de cobre y plomo. De hecho, alguna vez se le llamó “cenizas de plomo”, pues aparecía en forma de polvo pegado a los chacuacos de las chimeneas en las viejas instalaciones metalúrgicas.

Es uno de los pocos metales que, al solidificarse, se expande. Su resistencia a ser magnetizado es notable. No obstante, en unión con manganeso se produce un pequeño y potente imán permanente, de unos cuantos milímetros cúbicos, llamado bismano. Permanece sin cambios a temperatura ambiente, aunque si elevamos la temperatura y hay mayor humedad alrededor formará una capa de trióxido de bismuto. A 1 560 °C, su punto de ebullición, forma un óxido amarillo. Reacciona con facilidad frente al ácido nítrico y, por el contrario, lentamente ante los ácidos clorhídrico y sulfúrico. Con éste genera dióxido de azufre. No es buen conductor del calor ni de la corriente eléctrica.

Luego del mercurio, es el elemento que muestra la más débil conductividad térmica. Permite aleaciones de bajo punto de fusión. Tales propiedades permiten una gran diversidad de aplicaciones, desde cosméticos, plumas de pesca, barnices, medicamentos para la indigestión y antisifilíticos, parches oculares, soldaduras y equipos de procesamiento de alimentos, hasta combustible de reactores nucleares.

Dado que sus aleaciones tienen baja temperatura de fusión, son ideales para la detección de incendios. Sustituye al tóxico plomo en varias aleaciones de uso comercial.

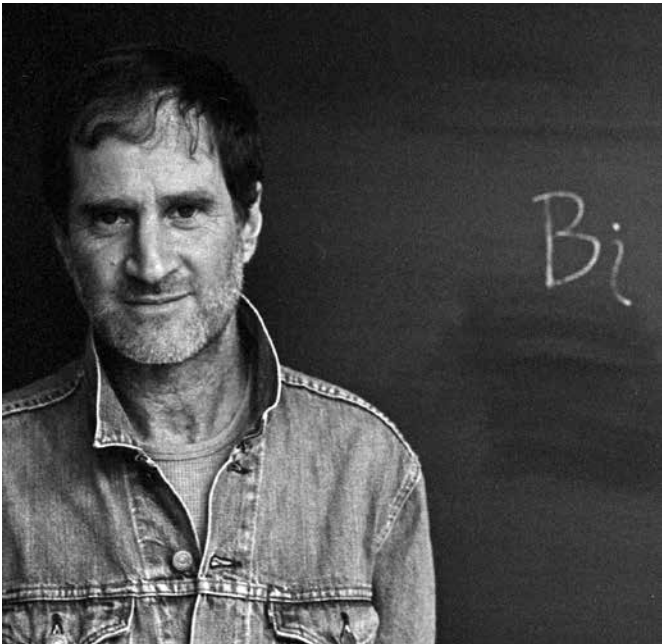
No existen referencias al bismuto en la Antigüedad, sino

Bi

SÍMBOLO

83

NÚMERO ATÓMICO



ARIEL GUZIK

a partir de la Edad Media. Durante muchos siglos se confundió esta “masa blancuzca” (*weisse masse*, en alemán) con estaño y plomo, debido a su enorme parecido. Los mineros de entonces creían que se trataba de una fase del desarrollo de la plata. En 1753, el químico Claude Geoffroy Junine demostró que se trataba de otro invitado a la tabla, distinto al plomo. Georgius Agricola reconoció sus propiedades características y, al describir cómo obtenerlo de sus minerales, latinizó estas palabras germanas, las cuales habían derivado en *wissemat* y luego en *wismut*, según los escritos del monje Basilio Valentín, y las tradujo como *bisemutum*. Hay quienes piensan que puede rastrearse su origen en el griego *psimition*, que quiere decir albayalde, del árabe al *bayad*, esto es, “la blancura”. En realidad, este término hace referencia al carbonato básico de plomo, pigmento blanco que se usaba desde mucho tiempo atrás.

Opaco.

Blanco, escaso, quebradizo y eterno.

Anti-magnético, aislante, frío e insípido.

Ajeno a todo lo viviente y foráneo en su propio mundo.

Solo.

Entrañable entidad, el Bismuto.

Ariel Guzik *Bismuto*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Boro

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El boro es un metaloide semiconductor, vacilante entre ser metal o no. Alotrópico, es decir, puede existir en diferentes versiones, cada una con su propia personalidad física y química. En una de sus formas puras constituye un polvo amorfo, cuyas tonalidades van del café castaño, brillante, al negro de apariencia metálica. También se presenta en cristales quebradizos, de dureza notable, dentro de una gama que va del negro azabache al gris plateado. Una versión del boro cristalino nos muestra colores rojizos brillantes.

Mientras que el boro cristalino es estable e inerte ante la presencia de ácidos, en polvo se oxida lentamente al contacto con el aire y puede reaccionar de manera violenta en ácido. Los químicos han encontrado que este comportamiento errático se debe a su naturaleza electropositiva en conflicto con su potencial de ionización.

Un elemento electropositivo se deshace de sus electrones y formará sales. Sin embargo, el boro es incapaz porque, en su caso, dicho potencial es muy fuerte. Dado que no puede ceder sus tres electrones de valencia, se ve obligado a formar enlaces covalentes, pero no posee suficientes electrones para completar un octeto estable. Es la carencia de electrones lo que define su carácter. Sin embargo, recientes investigaciones, en las que se manipula su configuración hasta alcanzar estados con enlaces extravagantes, están permitiendo transformarlo en un nucleófilo fuerte, en una base de Lewis, en un donador de electrones, con objeto de crear compuestos hipovalentes.

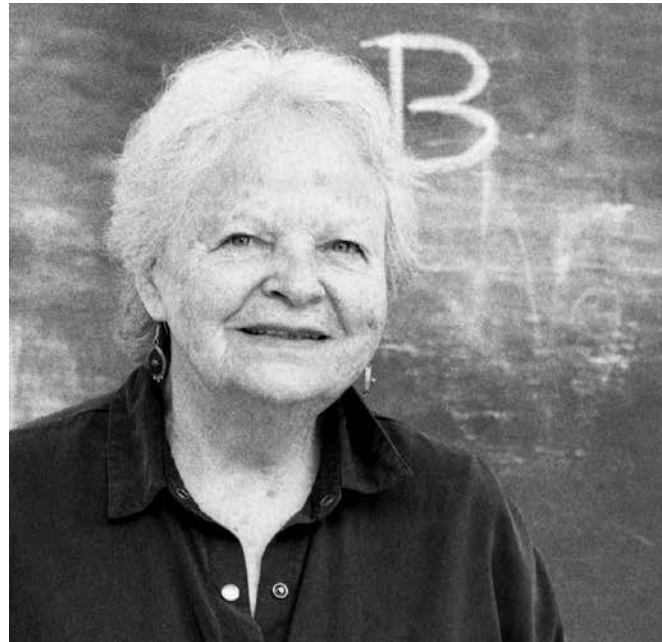
No se encuentra libre en la naturaleza, pero los compuestos borados son parte de las culturas desde hace miles de años. Se conocen registros del uso que se hacía del bórax (borato de sodio) entre los ceramistas chinos, al menos diez mil años a.n.e., y entre los orfebres árabes del siglo VIII a.n.e., como fundente a fin de purificar oro y plata. La invención de cristal a base de borosilicato, resistente al calor del fuego, a fines del siglo XIX, impulsó la industria de la extracción de

B

SÍMBOLO

5

NÚMERO ATÓMICO



ILSE GRADWOHL

minerales asociados al boro. En 1915 se inventó el cristal Pyrex para cocinar en casa.

El boro fue descubierto alrededor de 1808 por Joseph Louis Gay-Lussac y Louis Jacques Thénard, quienes se adelantaron por nueve días a Humphry Davy, aunque ninguno logró reconocerlo como algo elemental. Sería Jöns Jacob Berzelius quien lo haría en 1824.

Su utilidad es de lo más variado, más allá de la industria del vidrio, la cerámica y los detergentes. Se emplea para fabricar fármacos que combaten el mieloma múltiple, pantallas OLED y celdas solares. Es, pues, ideal en los procesos de síntesis farmacéuticas y de otras importantes moléculas de interés biológico.



Ilse Gradwohl **Boro**

óleo, carbón y grafito/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Silicio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Después del oxígeno, el silicio es el segundo elemento más abundante en la Tierra, y en el Universo sólo hay más átomos de hidrógeno, helio, oxígeno, neón, nitrógeno y carbono que de silicio. Por ello no causa sorpresa que en los últimos 3 500 años algunos de sus minerales hayan formado parte de culturas antiguas, como la china, la egipcia y la fenicia. Abalorios, vasijas, vidrio, cerámica, materiales para la construcción de casas y edificios son expresiones de la presencia del silicio, sin olvidar la arena de las playas.

El pedernal es una forma de cuarzo, sílice conocido desde la edad de piedra. En 1789, Antoine Lavoisier supuso que esta forma cristalina del dióxido de silicio, presente en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, debía de esconder un nuevo elemento en su composición. Incluso se atrevió a especular que su abundancia tendría que ser notable. Así es: el silicio conforma casi el 28 % de la superficie terrestre. Entre 1808 y 1811, Humphry Davy, Joseph-Louis Gay-Lussac y Louis Jacques Thénard se acercaron, pero no fue sino hasta 1824 que Jacob Berzelius obtuvo una muestra sólida, café, de silicio amorfo. Llamó al nuevo elemento silex, que en latín se refiere a la dura piedra conocida como pedernal.

Piedras semipreciosas, como el ágata y el ópalo, contienen dióxido de silicio. El silicio puro es un sólido grisáceo oscuro con brillo metálico. Su estructura cristalina octaédrica recuerda a la del carbono cuando forma diamantes, por lo cual comparte algunas de sus propiedades químicas y físicas. Asimismo, hay quienes piensan que en un futuro probable se creará vida basada no en carbono, sino en silicio. Peter Atkins, en su libro *The Periodic Kingdom. A Journey into the Land of the Chemical Elements*, considera que, quizá, sólo está dormitando en espera de su oportunidad.

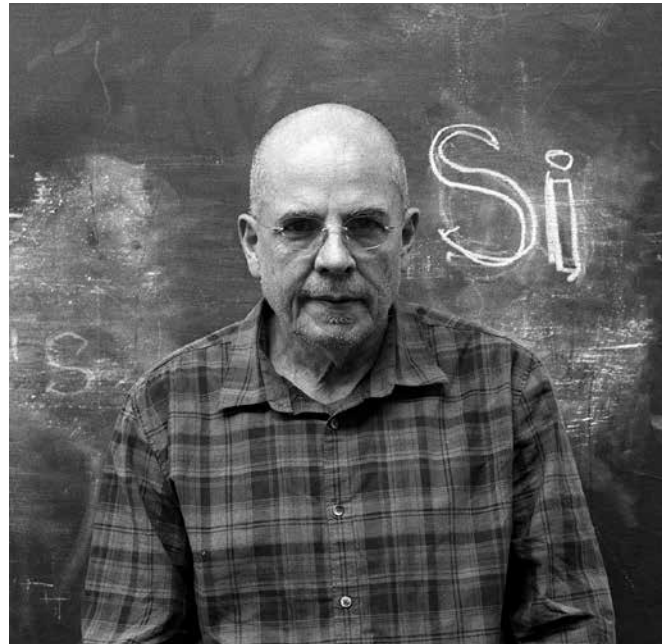
El silicio es piedra angular de silicatos tales como arcillas, feldespatos, olivina, piroxina, micas, anfíboles y zeolitas. En aleaciones con aluminio mejora la maleabilidad de este último. En aleaciones con el hierro, potencia sus propiedades

Si

SÍMBOLO

14

NÚMERO ATÓMICO



ALBERTO CASTRO LEÑERO

magnéticas. También es un ingrediente importante del acero, pues lo hace más resistente. Sin duda, el silicio saltó a la fama gracias a sus propiedades semiconductoras, por lo que resultó esencial en la fabricación de procesadores de computadoras, pantallas de cristal líquido, transistores y diodos, entre otros dispositivos electrónicos.



Alberto Castro Leñero **Silicio**
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Germanio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El germanio es un metaloide plateado, brillante y muy quebradizo. Fue uno de los elementos cuya existencia pronosticó Dmitri Mendeléyev en la tabla de 1869. Lo llamó eka-silicio, y fue descubierto en un mineral conocido como argirodita por Clemens Winkler en 1886. Quizá esto hubiera sido suficiente para impresionar a los legos, pero no a los químicos. Mendeléyev calculó que su densidad debía ser 5.5 veces la del agua, esto es, 5.5 gr/cm^3 , con un peso atómico de 70. En realidad, su densidad es de 5.323 gr/cm^3 y peso atómico de 72.630. Semejante precisión, sin ninguna otra herramienta más que el raciocinio y la intuición, convenció a los químicos y expertos en minerales a lanzarse a las entrañas de la Tierra, a las fábricas, mares y ríos en pos de lo desconocido.

Al igual que el agua, posee la peculiaridad de expandirse cuando se congela. Otros elementos que comparten esta propiedad son el galio, el silicio, el bismuto y el antimonio.

El germanio no es muy abundante ni en la Tierra ni en el Universo. Se utilizó por primera vez durante la Segunda Guerra Mundial en receptores de señales de radar de alta resolución. Poco después, a mediados de la década de 1950, se inventó el primer transistor de germanio.

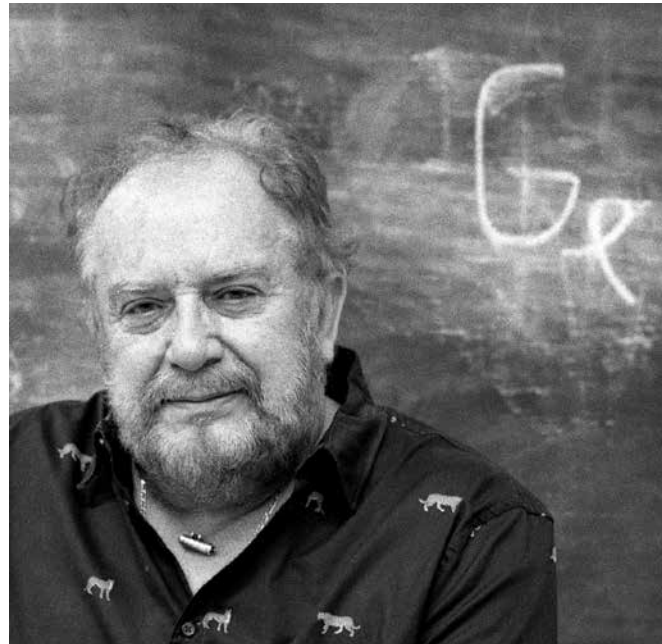
Una buena parte de la producción de este elemento se destina a la óptica en el infrarrojo, por ejemplo, a fin de desarrollar detectores. Se hace fibra óptica para la industria de las telecomunicaciones. Un compuesto —el politereftalato de etileno— sirve para fabricar tanto fibras de vestir como envases de comida y resinas. Contribuye al mercado de la electrónica, de los paneles solares, de la metalurgia e, incluso, del de los medicamentos.

Ge

SÍMBOLO

32

NÚMERO ATÓMICO



IGNACIO SALAZAR



Ignacio Salazar **Germanio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Arsénico

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El arsénico ha figurado en el arsenal médico desde hace varios siglos: a veces como tratamiento contra la sífilis, la anemia y el cáncer; a veces como veneno letal y como carcinogénico. La relación entre los venenos y la medicina es enroscada, como una serpiente en un báculo. “La dosis hace al veneno”, diría Paracelso. Este elemento se conoce desde la Antigüedad; fue descrito por Aristóteles en el siglo IV antes de nuestra era, y ha estado presente a lo largo de la historia en la muerte de figuras prominentes de la realeza para apurar la sucesión de una corona.

El arsénico puede encontrarse de manera natural en la tierra y en los yacimientos de agua. No todas las formas del arsénico son igual de tóxicas. Los arsenitos se usan como insecticidas, pero también han entrado en la historia por su uso en la pintura. Especialmente el arsenito cúprico, también conocido como verde de Scheele, que se usó para decorar las paredes de la prisión de Napoleón Bonaparte cuando fue desterrado a la isla de Santa Helena. Se ha especulado que la humedad pudo desprender el arsénico de la pintura y envenenar a Napoleón accidentalmente, pues su cabello contenía cantidades inusualmente altas de arsénico. Otros afirman que fue doloso, administrado por los ingleses poco a poco para evitar su detección. Unos más señalan que murió por un cáncer de estómago, y que los altos índices se explican por acumulación a lo largo de su vida. El arsénico es causante de cáncer, pero no de estómago, por lo que la relación del metaloide y la muerte del emperador aún no se conoce con certeza.

Otros pigmentos a base de arsénico son el amarillo oro-pimente y el rojo rejalgar. En el *Tratado de la pintura*, escrito por Cennino Cennini en el siglo XIV, se describen estos pigmentos y se aconseja cautela al usarlos, pues pueden envenenar al pintor y arruinar la obra si se mezclan con pigmentos incompatibles, como el verde cardenillo.

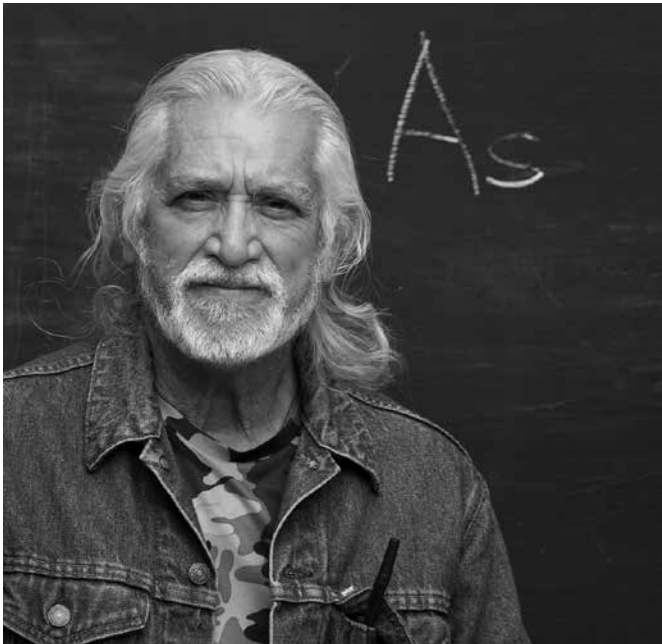
Tan nefasta ha sido la reputación del arsénico que los habitantes de Estiria, Austria, causaron furor en Europa durante

As

SÍMBOLO

33

NÚMERO ATÓMICO



FERNANDO TAMÉS

el siglo XIX con la supuesta práctica de consumir arsénico para mantenerse saludables. Se alega que algunos habitantes consumían el doble de la dosis letal para estimular el cuerpo y mantenerse robustos. Incluso sufrían síntomas terribles, como vómito y dolor, si dejaban de consumir el veneno. Estos famosos toxicómanos habrían desarrollado tolerancia al arsénico luego de consumir el veneno en dosis crecientes a lo largo de los años. Sin embargo, la existencia de los comedores de arsénico ha sido puesta en duda y sigue sin saberse si es posible desarrollar resistencia.

La química del arsénico continúa fascinándonos. Es el desecho que contamina las aguas en las minas de oro; es insecticida, aditivo en el pienso y aliado de los circuitos integrados. Puebla nuestra historia de misterios y color, y el presente, de asombro y desafíos.



Fernando Tamés **Arsénico**
xxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Antimonio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El antimonio puede existir en dos formas: una metálica, plateada, brillante, dura y quebradiza, mientras que como no metal se presenta en forma de un polvo grisáceo. Se conoce desde hace muchos siglos, entre otras cosas, porque es relativamente fácil de encontrar libre en la naturaleza. También se halla en minerales como la estibinita —utilizada por los antiguos egipcios como delineador negro de los ojos— y la valentinita. Fue identificado por primera vez gracias a los estudios de Nicolas Lémery, quien también estudió algunos de sus compuestos. Su nombre proviene de las palabras griegas *anti* y *monos*, que significan “el metal que nunca se encuentra solo”.

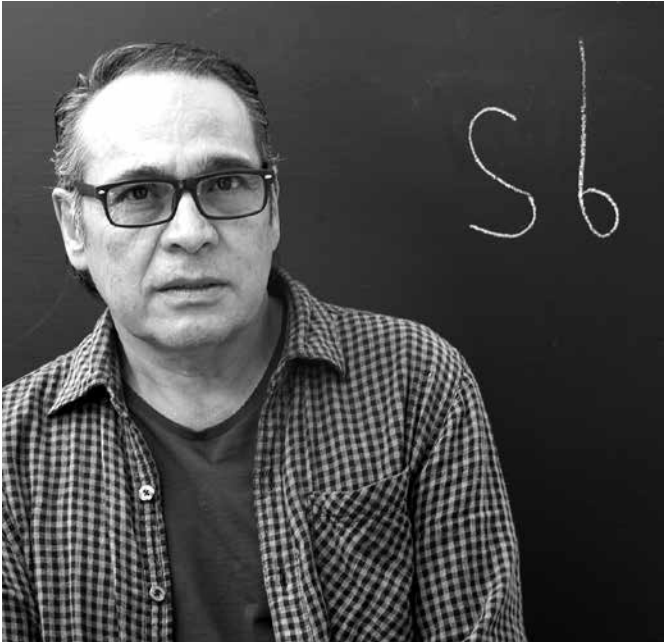
El antimonio puro se emplea en la fabricación de ciertos artefactos semiconductores, por ejemplo, diodos y detectores infrarrojos. También forma parte de baterías o pilas, metales de baja fricción, pinturas, cerámica y vidrio. Una aleación con plomo aumenta la vida útil de este último elemento. Se ha usado como remedio para curar infecciones a causa de parásitos, pero una ligera sobredosis o sensibilidad puede provocar trastornos digestivos y en el sistema respiratorio. De hecho, cantidades mínimas de antimonio pueden generar problemas cardíacos en animales pequeños, como perros y roedores.

Sb

SÍMBOLO

51

NÚMERO ATÓMICO



CARLOS GUTIÉRREZ ANGULO



Carlos Gutiérrez Angulo **Antimonio**
carbón, cenizas al óleo y ramas vegetales/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Teluro

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Metaloides raro, brillante, frágil, de aspecto grisáceo-blancuecino, el teluro es sumamente tóxico tanto para los organismos desarrollados como para aquellos que se encuentran en estado embrionario. Cuando en el aire hay apenas 0.01 mg/m² de telurio, incluso menos, respirarlo puede ocasionar un persistente y agudo aliento, parecido al de quien ha ingerido mucho ajo. Al inflamarse genera una flama verduzca-azul.

Puede encontrarse de manera natural y libre en la corteza terrestre, por lo común combinado con otros metales. Tal es el caso de la calaverita, constituida por telurio de oro (AuTe₂) y la silvanita (teluro de plata y oro). Su producción comercial es secundaria a la refinación por métodos electrolíticos del cobre. En aleaciones con este último elemento, así como con acero inoxidable, mejora de manera notable su tratamiento industrial. Es útil como agente colorante en cerámica. Junto con cadmio y mercurio se emplea para fabricar semiconductores fotosensibles, los mismos con los que se equipó una de las cámaras del telescopio espacial Hubble. Las delgadas películas de telurio de cadmio dentro de los paneles solares han probado ser más eficientes que las de silicio para convertir los rayos provenientes de nuestra estrella en electricidad, sobre todo ahora que, en 2017, se descubrió un cuantioso yacimiento en el lecho submarino al suroeste de las islas Canarias.

Fue descubierto hacia finales del siglo XVIII, luego de una pesquiza laboriosa. Hasta 1780 los científicos se hallaban confundidos por la presencia de una misteriosa sustancia que aparecía en diversos minerales. Hasta entonces les había sido imposible aislarla, aunque todo indicaba claramente la presencia de propiedades contradictorias: se comportaba como un metal pero también como algo no metálico. A falta de un mejor nombre, comenzaron a llamar al nuevo elemento *aurum paradoxum*, esto es, “paradoja áurea”. También lo calificaron de “metallum problematicum”.

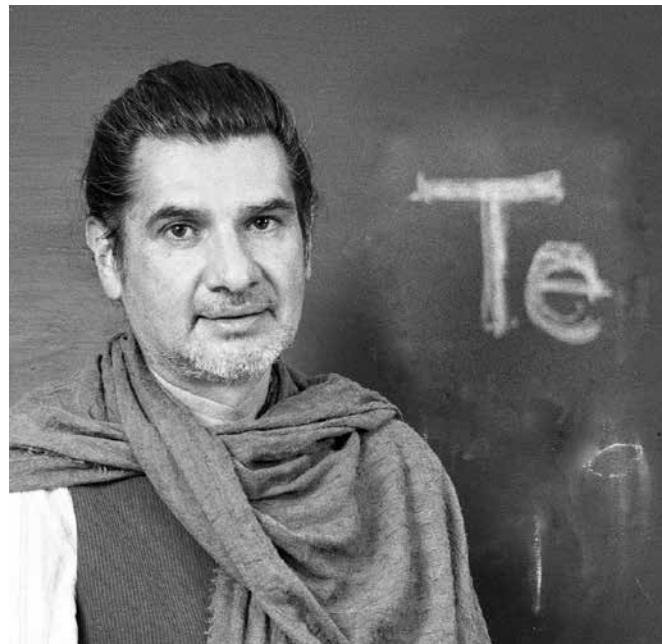
En 1782, el minerólogo austro-húngaro Franz-Joseph Müller von Reichenstein logró purificar una sustancia inédita

Te

SÍMBOLO

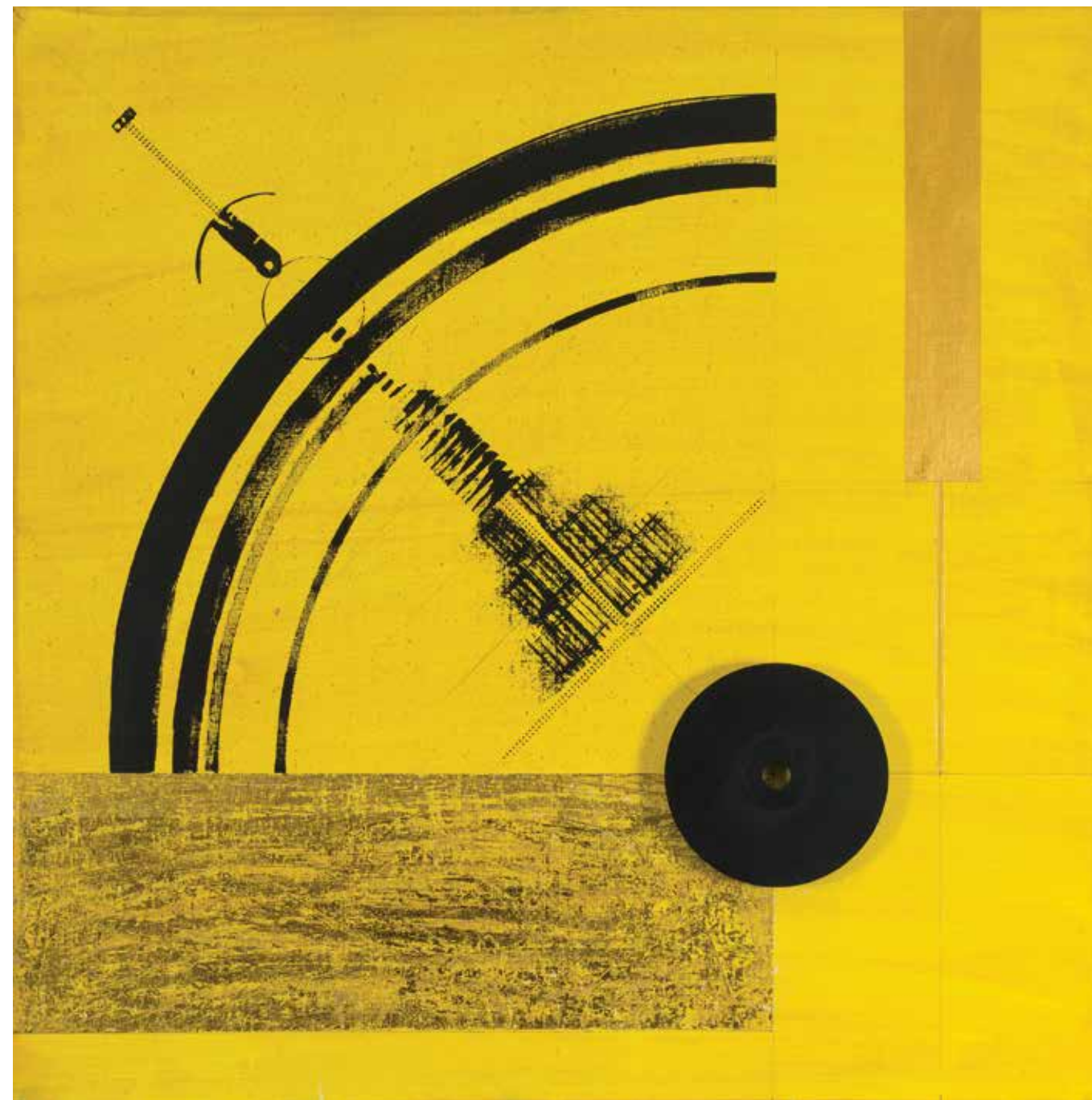
52

NÚMERO ATÓMICO



RUBÉN OCHOA

a partir de una roca que contenía oro, la cual supuso en un principio que contenía antimonio. Sin embargo, su aguda observación lo llevó a desechar esa idea, pensando que estaba frente a un nuevo elemento. Doce años más tarde, Martin Heinrich Klaproth confirmó la existencia del telurio, vocablo proveniente de la palabra latina *tellus*, que significa “tierra”. Pasarían más de treinta años antes de que se pudieran conocer sus propiedades, cuando Jöns Jacob Berzelius realizó un estudio detallado que concluyó en 1832. Algo de ilógico y fascinante tenía escondido en su interior semejante “metal problemático”.



Rubén Ochoa *Teluro [Versum problematicum]*

acrílico, CD-RW, hoja de oro, grafito y desechos de equipo de cómputo (impronta)/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Versum problematicum es una pieza que contiene un poema originalmente escrito para ser resguardado en el Archivo della Poesia ubicado en Lana, en la región del Trentino-Alto Adigio, en Italia. Sin embargo, la obra guarda una característica particular: dicho poema nunca podrá ser conocido. Dentro del disco compacto (únicamente el telurio hace posible la reescritura en este tipo de medios digitales y éste es precisamente su uso más extendido) se encuentra almacenado el poema, amalgamado con el telurio, formando una expresión atrapada entre la química y el arte —con un futuro no posible, dada su integración con la pieza— que, al tiempo que perenne, se hace también absurda. Es pues un poema problemático que tiene una intención originalmente cándida, pero que se topa con su irreversible destino. *Versum problematicum* podría ser, en tal caso, también una aplicación íntima e inesperada del telurio. || RUBÉN OCHOA

Polonio

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El polonio es un metaloide gris plateado, volátil, radiactivo y muy peligroso para los organismos vivos, pues emite continuamente partículas alfa, muy energéticas y que destruyen tejidos. De hecho, es 50 veces más radiactivo que el uranio. Su punto de fusión es bajo. Reacciona con facilidad ante ácidos diluidos, mientras que es apenas soluble en compuestos alcalinos.

El descubrimiento de este elemento trae a la memoria un poema del chileno Gonzalo Rojas: “Al mundo lo nombramos en un ejercicio de diamante, uva a / uva de su racimo, lo besamos / soplando el número del origen, / No hay azar / sino navegación y número, carácter / y número, red en el abismo de las cosas / y número.”

Y es que la meticulosidad de sus descubridores —Marie y Pierre Curie— comulga con ese espíritu, donde hay poco espacio para el apetito aleatorio, y en cambio se profundiza y se abre el horizonte que revela la identidad de la materia gracias al acercamiento que permiten los cálculos numéricos. En 1898, mientras examinaban la radiactividad emitida por el óxido de uranio en forma del mineral llamado pechblenda o uranita, lograron distinguir dos nuevos elementos, el polonio y el radio, si bien no pudieron confirmar su existencia de inmediato. En el primer caso, pidieron que, de ser verdad sus suposiciones, se adoptara el nombre del país que vio nacer a Marie. En ese entonces no se conocían los daños que podían ocasionar los elementos radiactivos, por lo que el matrimonio Curie sufrió las consecuencias. Incluso hoy en día sus cuadernos de anotaciones están tan contaminados que se guardan en cajas de plomo.

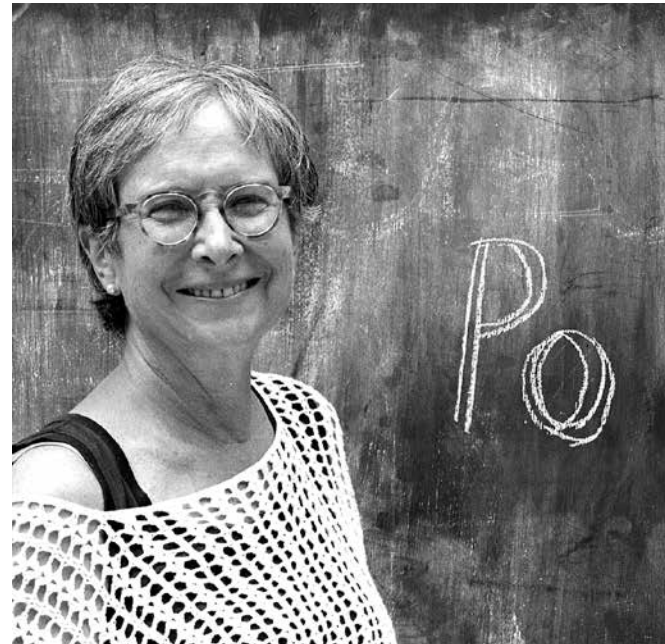
Como es de esperarse, sus 27 isótopos son radiactivos. Uno de los más conocidos es el ²¹⁰polonio, el único que se encuentra en forma natural, y fue usado en 2006 con objeto de envenenar al espía ruso Alexander Litvinenko, refugiado en Londres. Unas gotas diluidas en una taza de té fueron suficiente dosis para que, tres semanas más tarde, ingresara al

Po

SÍMBOLO

84

NÚMERO ATÓMICO



PERLA KRAUZE

hospital con vómitos y dolores insoportables. Agonizó durante algunos días y murió.

El humo de los cigarrillos contiene alquitrán, mezcla de gases luego de la combustión del tabaco con el papel. Esos gases están compuestos por benceno, monóxido de carbono, plomo y polonio, todos agentes cancerígenos.

El polonio sólo se halla presente en minerales de uranio natural, así que se obtiene bombardeando bismuto natural con neutrones. El isótopo del mismo bismuto que se obtiene se desintegra y se transforma en polonio estable. Cuando se mezcla con berilio es una fuente de neutrones para determinadas armas de destrucción masiva. Por otra parte, se usa en la fabricación de fuentes de calor para proteger sondas espaciales y de baterías termonucleares instaladas en satélites.



Perla Krauze **Polonio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Flúor

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

El flúor no es un metal; es el más ligero de los halógenos. Gas inflamable, corrosivo y penetrante, lo vemos con un tono amarillo pálido. Desde tiempos antiguos ha maravillado a la humanidad debido a que uno de los minerales que lo contienen, la fluorita, tiene la capacidad de brillar en la oscuridad luego de ser expuesta a los rayos del Sol, fenómeno conocido como fluorescencia. A la luz del día aparece como una roca cristalina no muy brillante, con tonos que van del gris blanquecino al verde azulado. Hoy sabemos que los cristales de fluorita, constituidos sobre todo por fluoruro de calcio, resplandecen debido a que están salpicados de europio.

El flúor es un valioso “facilitador”: al combinarse con residuos indeseados permite que los metales puros fluyan. De ahí su nombre, derivado del latín *fluere*. El estudioso de los minerales Georgius Agricola hizo una descripción del uso de fluorita para este propósito entre 1529 y 1530. De sino trágico, no fue sino hasta que creció la euforia entre los químicos por encontrar los elementos faltantes, a principios del siglo XIX, que algunos emprendieron su búsqueda, entre ellos Louis Joseph Gay-Lussac, Louis Jacques Thénard, Humphry Davy, Carl Wilhelm Scheele y Joseph Priestley. Pero el riesgo era enorme, ya que —hoy sabemos— es el elemento más electronegativo de la tabla, por lo que atrae electrones como ninguno.

Para llegar a él producían lo que llamaron “ácido fluórico” (ahora ácido fluorhídrico), un compuesto muy reactivo y letal. Los iones del flúor tienen una gran afinidad por el calcio, de manera que, al internarse por el organismo humano, interfieren con el metabolismo de este otro elemento vital que corre por el torrente sanguíneo. La más mínima gota que salpique y toque la piel puede ser definitiva. Henri Moissan, quien finalmente consiguió aislarlo en 1886, tuvo que interrumpir sus investigaciones cuatro veces por envenenamiento. Antes, en 1809, el físico André-Marie Ampère propuso que este ácido, capaz de disolver el vidrio, era una mezcla de hidrógeno con un elemento desconocido, cuyo comportamiento le

F

SÍMBOLO

9

NÚMERO ATÓMICO



JOEL RENDÓN

recordaba el cloro, por lo que lo llamó “flúor”. Cuatro años después, Humphry Davy anunció el hallazgo.

Podemos encontrarlo en plásticos que soportan altas temperaturas, como el teflón; interviene en el procesamiento de combustible nuclear y lo usamos en forma cotidiana cuando nos cepillamos los dientes con pasta enriquecida con fluoruro de sodio. Por desgracia, también desempeña el papel de villano en la lucha por el medio ambiente. Los clorofluorocarbonos (CFCs) se emplearon intensamente como sustancia activa para refrigeradores, aire acondicionado y propelentes en atomizadores durante el siglo XX. Sherry Rowland y Mario J. Molina demostraron, en 1974, apoyados por el trabajo independiente de Paul J. Crutzen, el daño grave que tanto el cloro como el flúor estaban infligiendo en la capa de ozono troposférico, la cual protege la vida en la Tierra de los rayos ultravioleta provenientes del Sol.



Joel Rendón **Flúor**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Cloro

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

A temperatura y presión del ambiente, el cloro existe como un gas amarillo verdoso y despidе un aroma agresivo. Forma parte del grupo de halógenos, entre los cuales sólo el flúor exhibe una reactividad mayor. Por esa razón, este “formador de sales” sólo puede hallarse libre en la boca de los volcanes. No obstante, se combina con la mayoría de los elementos en ciertas condiciones de humedad. Su capacidad de sustituir, por ejemplo, el yodo y el bromo, le permite participar en reacciones diversas, tanto con materiales orgánicos como inorgánicos.

Carl Wilhelm Scheele casi lo descubre en 1774, mientras aplicaba unas gotas de ácido clorhídrico a un trozo de dióxido de manganeso. En instantes apareció un gas verdoso, amarillento, pero lo confundió con un compuesto oxigenado. Años más tarde, Humphry Davy lo reconoció y lo llamó *khloros* debido a su característica tonalidad.

Se obtiene a partir de sal común (cloruro de sodio), mineral de enorme trascendencia para la vida y uno de los que más proliferan en la corteza terrestre. Es un eficaz desinfectante que se emplea en las plantas de tratamiento de agua potable y residual. Se usa para blanquear papel, así como para fabricar resinas de cloruro de polivinilo (PVC) y producir dicloruro de etileno, entre otros disolventes clorados. Recordemos que con PVC se fabrica ropa, cables eléctricos, tuberías, estructuras inflables, pisos, entre otros productos. El cloruro de metilo no sólo se usa como anestésico; también sirve para fabricar polímeros de silicona, así como en la extracción de grasas, aceites y resinas.

Las ranas kambó o mono grande (*Phyllomedusa bicolor*) y flecha tricolor (*Epipedobates tricolor*), que habitan en los países amazónicos, secretan sustancias tóxicas que contienen cloro. Sin embargo, hay quienes han investigado su uso científico y sus beneficios como potentes analgésicos. El cloro es parte de la fórmula de los CFC (clorofluorocarbonos), molécula nociva que ha afectado de manera severa la capa

Cl

SÍMBOLO

17

NÚMERO ATÓMICO



YOLANDA MORA

estratosférica de ozono. Ésta, como sabemos, protege a todos los organismos vivos en la Tierra de los rayos UV provenientes del Sol. Debido a su aguda toxicidad, el cloro ha sido empleado como arma de destrucción masiva, por ejemplo, durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918).



Yolanda Mora **Cloro**

papel hecho a mano, temple y óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Bromo

NOMBRE

Líquido

ESTADO FÍSICO

Su nombre lo delata, pues proviene del griego *bromos*, que significa “hedor”. El bromo es el único no metal líquido a temperatura ambiente, un denso líquido rojo oscuro descubierto por Antoine-Jérôme Balard en 1826, a partir de salmuera, mientras examinaba algas de marismas cerca de Montpellier en el sur de Francia, si bien un año antes Carl Jacob Löwig lo había encontrado en aguas termales de Bad Kreuznach, pero no supo identificarlo, pues lo confundió con un compuesto de yodo y cloro. En la actualidad se extrae de lagos salitrosos donde abunda, en particular del Mar Muerto.

Sus átomos carecen de un electrón en su órbita externa, al igual que todos los halógenos. Eso le permite formar enlaces fácilmente. Tal reactividad lo convierte en un riesgo para quien lo manipula debido a su volatilidad, así como por lo tóxicos y corrosivos que resultan sus vapores pestilentes. Si entra en contacto con la piel provoca quemaduras graves.

Es un viejo conocido de la humanidad, ya que, al menos desde el siglo I de nuestra era, se extraía de un molusco un tinte llamado púrpura de Tiro, compuesto que contiene bromo. Sales de bromuro de potasio se recetaban en el siglo XIX para curar la epilepsia, pero tenían el efecto secundario de inhibir la libido, lo cual reforzó la creencia de que esta enfermedad era provocada por un onanismo exacerbado.

Es uno de los villanos de la tabla periódica, apreciado por algunos, odiado por otros. El 1,2-dibromoetano se empleó a mediados del siglo XX como aditivo de las gasolinas que tenían como detonante tetraetilo de plomo. El problema fue que se formaba un gas de plomo y bromo, peligroso para el medio ambiente. Otro compuesto, el bromometilo, se utilizó algún tiempo para fumigar. Sin embargo, debido a su toxicidad se ha sustituido por otros compuestos menos agresivos. Tampoco ayuda el que sales de bromo se usen en la técnica contaminante de *fracking* a fin de extraer gas y petróleo.

Aun así, tiene aplicaciones diversas e insospechadas, entre ellas, como retardante de la propagación del fuego, por

Br

SÍMBOLO

35

NÚMERO ATÓMICO



LUIS GAL

ejemplo, en televisores a los que se les ha puesto una cubierta bromada. En caso de incendio, el bromo detiene las llamas durante unos segundos, dando a quien se encuentre cerca la oportunidad de alejarse. Pero estos retardantes no se degradan con facilidad y se piensa que, con el tiempo, podrían incorporarse a las cadenas alimenticias, poniendo en riesgo a diversas especies, incluidos los humanos, aunque hasta ahora no se han reportado casos por tales causas.

Una de sus más recientes aplicaciones consiste en actuar a manera de “trampa” del mercurio que se desprende de las plantas eléctricas cuando queman carbón. También se usa para darle mantenimiento a las albercas de los baños termales, para purificar aguas industriales y en aceites vegetales que dan consistencia a bebidas refrescantes. En los humanos hay trazas de este elemento, aunque no se conocen sus funciones biológicas precisas.



Luis Gal **Bromo**

encásutica en frío/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Yodo

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

Forma parte de los halógenos y no metales, pero presenta algunas características propias de los metales. Su forma sólida es negruzca, con tintes azuláceos, relativamente brillante. Si bien no es tan reactivo como los de su grupo (flúor, cloro y bromo), puede formar numerosos compuestos. Se presenta en la naturaleza en forma de iones de yoduro, sobre todo en algas marinas. A través de éstas y de otras especies vegetales oceánicas, se inserta en la cadena alimenticia. También se encuentra yodo en algunos minerales y suelos. Es un componente esencial de las hormonas tiroxina y triyodotironina, presentes en la tiroides humana, las cuales regulan importantes reacciones bioquímicas, algunas de ellas relativas al metabolismo.

Fue descubierto por Bernard Courtois en 1811, mientras intentaba extraer cloruro de potasio, precisamente, de algas marinas. Una vez cristalizado dicho compuesto, Courtois agregó ácido sulfúrico al líquido remanente. Para su sorpresa, se formó súbitamente un vapor purpúreo que se condensó en cristales oscuros. Courtois acababa de descubrir un nuevo elemento, cuyo nombre proviene de la palabra griega *iodes*, que significa “violeta”. Durante sus experimentos encontró que combinaba bien con el fósforo y el hidrógeno, si bien con el carbono y el oxígeno no formaba compuestos fácilmente. También notó que, al unirse al amoníaco, producía un material sólido, de tonos castaños, que tenía la particularidad de explotar al mínimo roce. Se trataba de triyoduro de nitrógeno.

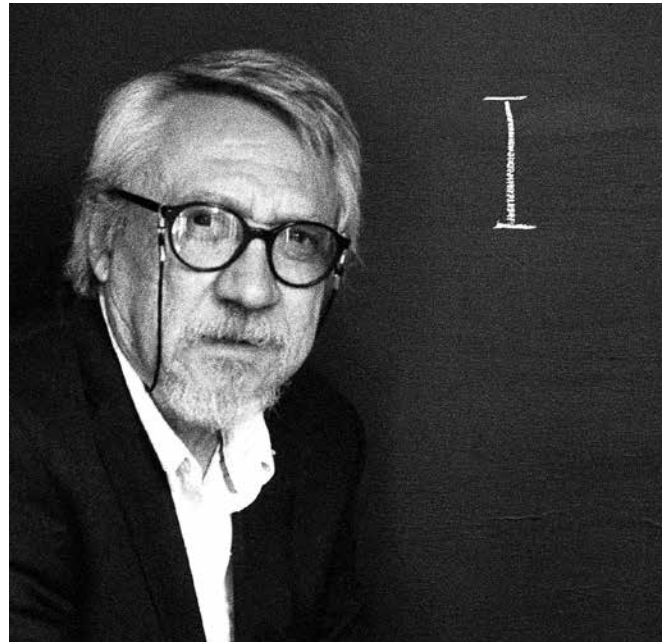
Dado que la colaboración con otros colegas y la confrontación con su trabajo y escrutinio ha sido esencial para el avance de la ciencia, Courtois compartió su hallazgo con Charles Bernard Desormes y Nicolas Clément, quienes llevaron a cabo exhaustivas investigaciones que confirmaron la presencia de un nuevo elemento. En noviembre de 1813, el yodo se exhibió como la última novedad científica en el Instituto Imperial de París.

I

SÍMBOLO

53

NÚMERO ATÓMICO



MANUEL MARÍN

El yodo elemental puede causar heridas en la piel, y sus vapores, aguda irritación en los ojos. Sin embargo, tanto en su forma inocua como radiactiva, es muy útil en la atención médica. Incluso una solución de yoduro de potasio y yodo en alcohol se emplea para desinfectar heridas externas. La solución de yoduro de plata es conocida por los fotógrafos profesionales. Al disolverlo en cloroformo, tetracloruro de carbono y disulfuro de carbono, el yodo colorea de púrpura las soluciones resultantes. Dificilmente se disuelve en agua, tiñéndola de un amarillo pálido.

La extracción comercial del yodo se lleva a cabo de diversas maneras. Una consiste en aprovechar el vapor de yoduro que se genera cuando se procesa la salmuera, ya sea mediante el intercambio de iones de dicha sal, o bien liberando yoduro a partir de yodatos de rocas minerales ricas en nitratos.



Manuel Marín **Yodo**

yoduro de paisaje/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Astato

NOMBRE

Sólido

ESTADO FÍSICO

El astato es un halógeno no metálico —el más pesado de ellos—, no obstante su comportamiento químico lo acerca a los metales. No está claro si se trata de un metaloide sólido o de un gas. Debido a esta clase de “indecisión” lo llamaron “el inestable”, astato, derivado de la palabra griega *astatos*. Existe de manera natural cuando uranio o torio decaen, esto es, cuando sus núcleos inestables se transforman en otros, más estables. Durante este proceso de desintegración emiten partículas subatómicas, quizá fotones, y liberan energía.

En su forma más estable ($^{210}\text{astato}$) tiene una vida media de ocho horas y diez minutos. Estará ante nuestra vista por la mañana y se habrá disipado en vapores radiactivos por la tarde. Lo que quedará de él se habrá transformado en $^{206}\text{bismuto}$ o en $^{210}\text{polonio}$, “en un constante perecer energético, en un morir absorto”, diría José Gorostiza. Sin embargo, hasta el día de hoy sólo se han podido extraer entre 25 y 30 gramos en toda la superficie terrestre. Desde el día de su descubrimiento, los humanos sólo han sido capaces de producir de manera artificial ¡0.05 gramos! Por esa razón no es difícil imaginar que nadie lo haya visto en su estado elemental. Se trata, pues, del elemento más raro de la naturaleza que no pertenece a la familia de los transuránicos.

No extraña el hecho de que se haya descubierto hasta la década de 1940. Ya Mendeléyev había pronosticado su existencia en 1869, nombrándolo eka-yodo, y nadie había sido capaz de demostrar fehacientemente su existencia, entre ellos Fred Allison, quien en 1931 estuvo cerca de descubrirlo, así como los investigadores de La Sorbona Horia Hulubei e Yvette Cauchois, en 1938.

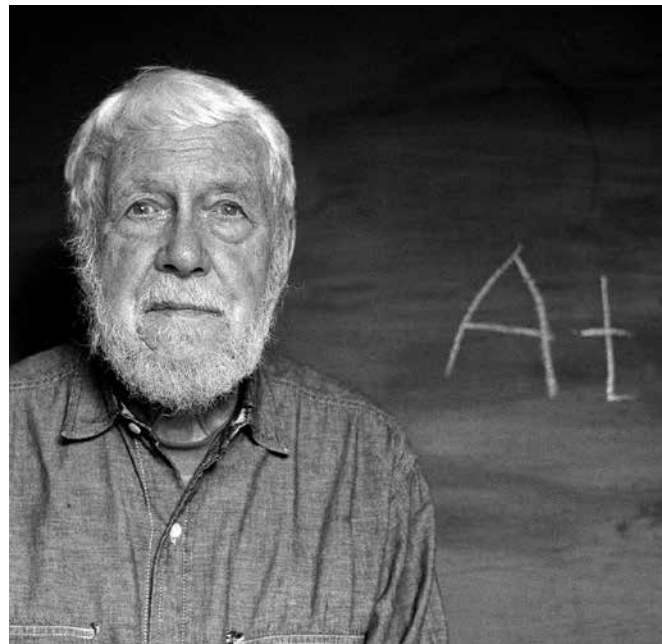
De hecho, no hubo hallazgo alguno, sino que fue creado por los científicos de la Universidad de California en Berkeley Dale R. Corson, Kenneth Ross Mackenzie y Emilio Gino Segré, con una ingeniosa técnica de laboratorio para bombardear $^{209}\text{bismuto}$ con partículas alfa, mediante la cual produjeron $^{211}\text{astato}$. En 1943, Berta Karlik y Traude Bernert

At

SÍMBOLO

85

NÚMERO ATÓMICO



ROGER VON GUNTEN

finalmente lo encontraron en su forma natural, pero les resultó imposible estudiar sus propiedades ya que, como se dijo, en minutos el calor provocado por su frenética inestabilidad comenzó a emitir vapores. No obstante, siguieron sus trabajos y lograron describir algunas cadenas de decaimiento que sigue el astato.

A pesar de su escasez, algunos investigadores piensan que, al comportarse como el yodo, podría tener algún uso en determinados tratamientos de cáncer en la glándula tiroidea. Al igual que dicho elemento, el astato podría dirigirse a la glándula y atacar a las células cancerígenas alojadas allí. En 2015 se dio a conocer una radioinmunoterapia que emplearía $^{211}\text{astato}$, ya que puede producirse en los aceleradores de partículas que operan en el mundo y su vida media es mayor a la del $^{213}\text{bismuto}$ que se emplea actualmente.



Roger von Gunten *Astato*
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Helio

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

El helio, junto con el hidrógeno, es uno de los elementos más antiguos del universo conocido y de los más abundantes. El hidrógeno es el combustible principal del Sol y las demás estrellas, y al fusionarse se convierte en helio. Ambos elementos intervinieron en la formación de los primeros reactores nucleares, las estrellas. Sin embargo, esto lo hemos sabido desde hace poco tiempo, apenas en el siglo pasado.

En la tabla periódica aparecen también como los primeros elementos, sin que el Universo y la tabla se hubieran puesto de acuerdo; el helio es el segundo. Es un gas muy ligero, como el hidrógeno, pero a diferencia de éste, que tiene facilidad de enlazarse con otros elementos, el helio no se lleva con ninguno, de ahí que esté agrupado con los gases inertes o nobles.

En el repertorio mitológico de los griegos, Helios era el dios del Sol, sin imaginar siquiera que ha comenzado a ser el elemento más abundante a la mitad de la vida de nuestra estrella. Para aquellos hombres de hace tres mil años, los elementos que constituían todo eran el aire, la tierra, el agua y el fuego. Fue hasta el siglo XIX cuando los químicos comenzaron a clasificar los elementos de acuerdo con sus propiedades y comportamientos.

En el tercer cuarto de aquel siglo, 1869, fue descubierto el helio, y no fue gratuito nombrarle como los griegos llamaron al Sol. Un par de astrónomos —el inglés Joseph Norman Lockyer y el francés Pierre Janssen—, observando un eclipse de Sol desde distintos sitios de observación, detectaron en la región amarilla del espectro electromagnético la huella digital de un elemento desconocido. Lockyer lo llamó helio. A ambos se les adjudicó el descubrimiento.

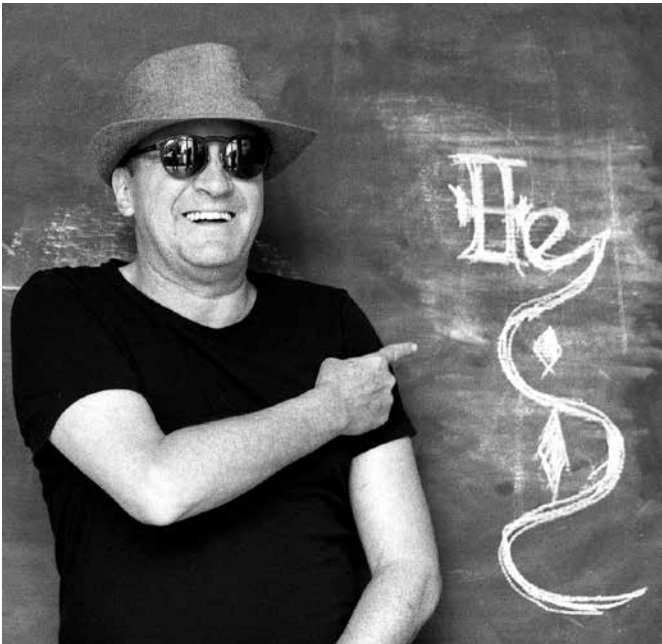
Con este nuevo conocimiento no tardó en descubrirse, además, su valor como materia prima, pues en 1903 los estadounidenses encontraron abundante helio en sus campos de gas natural, lo que los convirtió en el país con mayor producción de este gas ligero. Pero quizá el mayor impacto se

He

SÍMBOLO

2

NÚMERO ATÓMICO

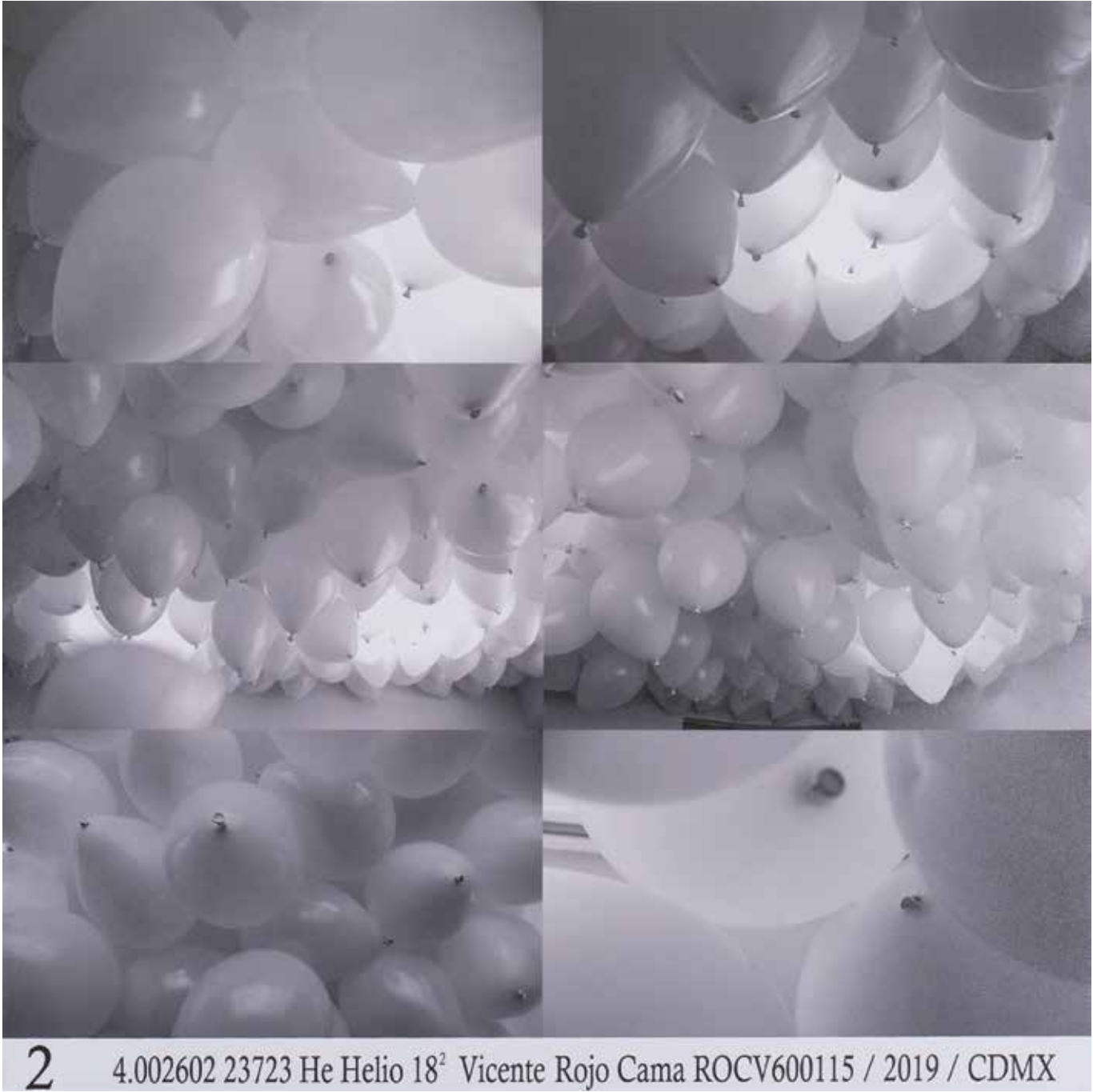


VICENTE ROJO CAMA

dio en el campo de la astrofísica, ya que abrió una de sus nuevas vetas de investigación: la cosmología.

Para consolidar la teoría del *Big Bang*, una de las líneas a indagar fue calcular el helio en la materia detectable en el Universo e inferir su abundancia antes de la formación de estrellas. El astrónomo Manuel Peimbert Sierra aportó los primeros cálculos de helio primordial, que observaciones posteriores, con mejores instrumentos, han confirmado. El helio es abundante en el Universo, pero no en la Tierra. Podríamos acabar con él en unos 25 años.

En abril de 2019, SOFIA (por sus siglas en inglés, Observatorio Estratosférico de Astronomía en el Infrarrojo), telescopio estadounidense-alemán montado en un avión Boeing 747, encontró hidruro de helio —la molécula más antigua del Universo— formada hace unos cien mil años después del gran estallido.



Vicente Rojo Cama *Helio*
xxxxxxx/madera, 60 × 60 cm, 2019

Neón

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

El neón es un gas muy ligero y casi inerte. Su escasez en nuestro planeta contrasta con su abundancia en el Universo. Las moléculas de neón contienen un solo átomo. No se asocia con organismos vivos y casi nada con minerales. Se fuga con relativa facilidad de la atmósfera terrestre, por lo que fue descubierto hasta 1898 por William Ramsay y Morris Travers, poco después de haber encontrado el kriptón mediante el mismo método de licuar el aire. Ramsay y Travers creían que, según la tabla de Mendeléyev, debía haber “algo nuevo” entre el helio y el argón. Fue así como tomó su nombre, del vocablo griego *neo*, “el nuevo”.

Artistas, poetas, novelistas y músicos lo evocan con frecuencia. Una gran cantidad de comercios citadinos adorna sus marquesinas con sus encendidos tonos rojizos escarlata, anaranjados, que adquiere cuando se ilumina en un tubo de descargas de vacío, aplicado por primera vez en el laboratorio del inventor Georges Claude, alrededor de 1902, y presentado al público de París en diciembre de 1910. Cabe aclarar que, aunque se los conozca popularmente con ese nombre, los tubos con otros colores no son de neón.

Tal vez nos fascina porque este gas, incoloro en estado natural, proviene de estrellas súper masivas, al menos ocho veces la masa de nuestro Sol. Casi al final de su existencia, algunas de ellas comienzan a quemar el carbono y terminan generando —además de neón— oxígeno, sodio y magnesio. Una ínfima cantidad de ese neón deambula en el aire de nuestro planeta.

Un hecho sorprendente es que la luz de neón puede atravesar una densa neblina, por lo que es muy apreciada en regiones polares, así como por los aeropuertos del mundo. Su utilidad es diversa. Se han fabricado láseres y máseres, aunque quizá una de sus propiedades más convenientes es que, en estado líquido, resulta un congelante 40 veces más potente y rápido que el helio, y triplica la eficacia del hidrógeno. Las empresas que se dedican a la criogenia aplicada a los

Ne

SÍMBOLO

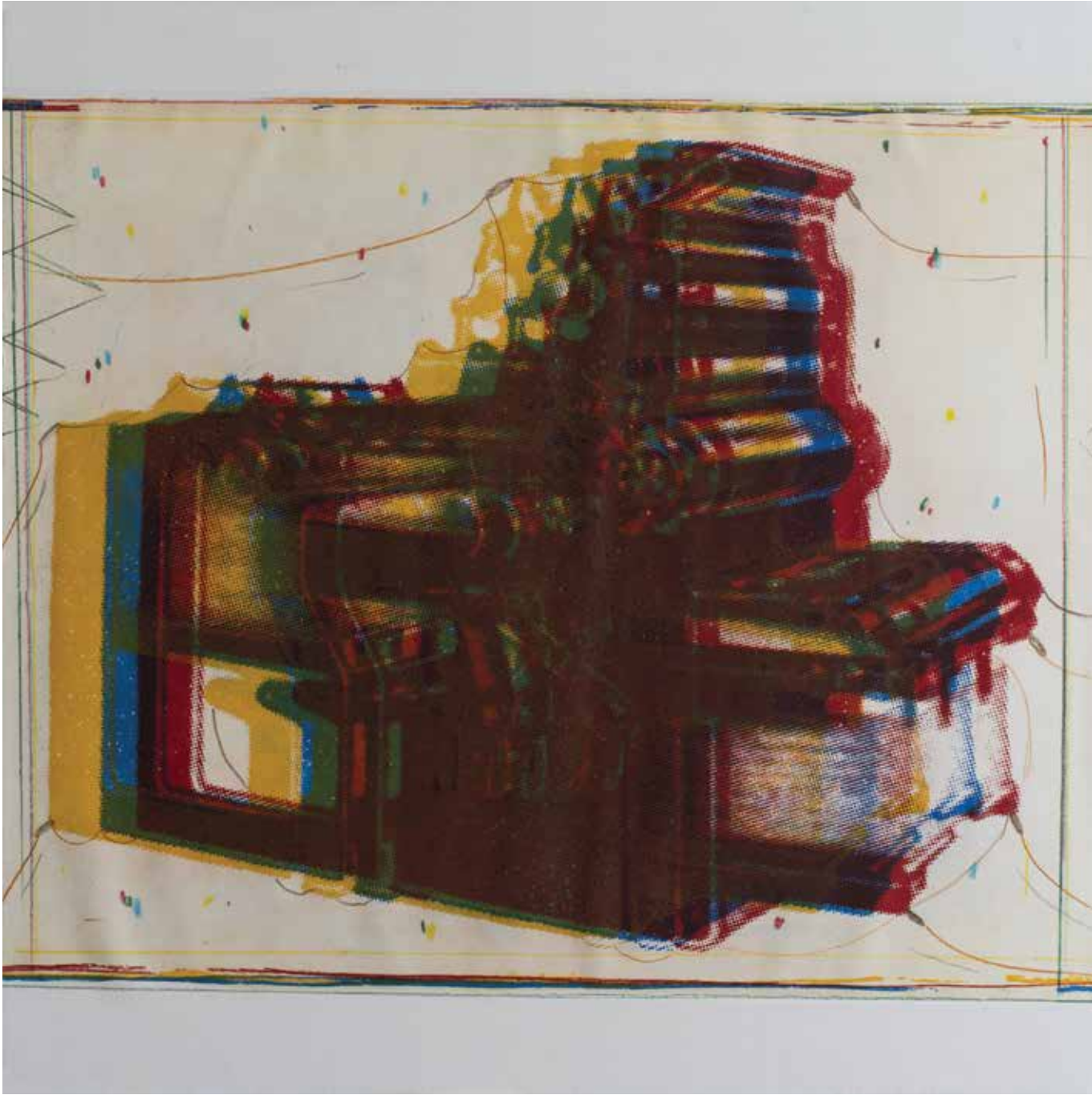
10

NÚMERO ATÓMICO



DEMIÁN FLORES

cuerpos de personas fallecidas que esperan poder ser resucitados de alguna forma en el futuro, emplean sobre todo neón. Inhalarlo puede provocar asfixia.



Demián Flores **Neón**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Argón

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

“

“¿Es posible atribuir vida privada a los elementos de la tabla periódica? Químico de profesión y testigo del infierno de Auschwitz, Primo Levi ensayó la proeza en su novela *El sistema periódico*. Ahí supe de la existencia del argón, gas noble que el escritor italiano relaciona con las personas difíciles de descifrar. Su nombre, proveniente del griego, significa “inerte” o “inactivo”. El argón resiste fuertes presiones y elevadas temperaturas sin modificar su naturaleza. En consecuencia, sirve para producir más calor. Es un aliado decisivo en las soldaduras y la fabricación de titanio.

Lo poco que sé de química se lo debo a la literatura. Levi me reveló la existencia de los gases nobles y la posibilidad de asociar personas con los humores de la tabla periódica; sin embargo, sólo me interesé verdaderamente en el asunto a fines de los años ochenta, cuando empecé a escribir una novela sobre los misterios de la vista.

El disparo de argón comenzó con un accidente. En el tren de Madrid a Barcelona sufrí un golpe en el ojo que me llevó a la Clínica Barraquer, que parece custodiar una sabiduría herética. A diferencia de otros hospitales, está decorada con símbolos que aluden a saberes esotéricos; las paredes son de mármol negro y el piso semeja un tablero de ajedrez. Esa arquitectura me sorprendió tanto como la historia del eminente Barraquer, médico que entendía la vista en un doble sentido: como fenómeno óptico y como fenómeno trascendente, un científico que no descreía de la intuición ni de la magia.

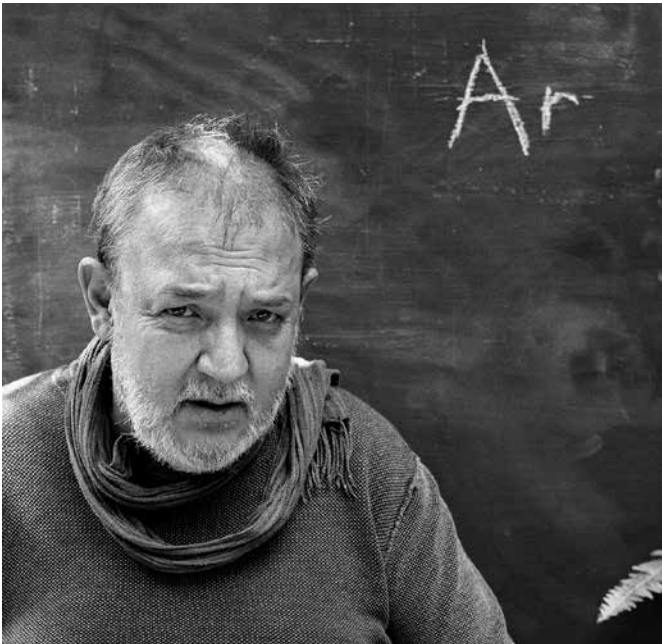
Una vez curado, decidí escribir la historia de un oftalmólogo que está perdiendo la vista, pero dispone de discípulos tan fieles que fungen como una extensión de sus ojos. Me interesaba explorar la mirada alterna, “delegada”, que depende de los otros. Para familiarizarme con ese ambiente, asistí a operaciones en el Hospital de la Ceguera de la Ciudad de México y supe que un desprendimiento de retina se puede soldar con láser de argón. Ese tiro a la mirada definió el título de mi primera novela.

Ar

SÍMBOLO

18

NÚMERO ATÓMICO



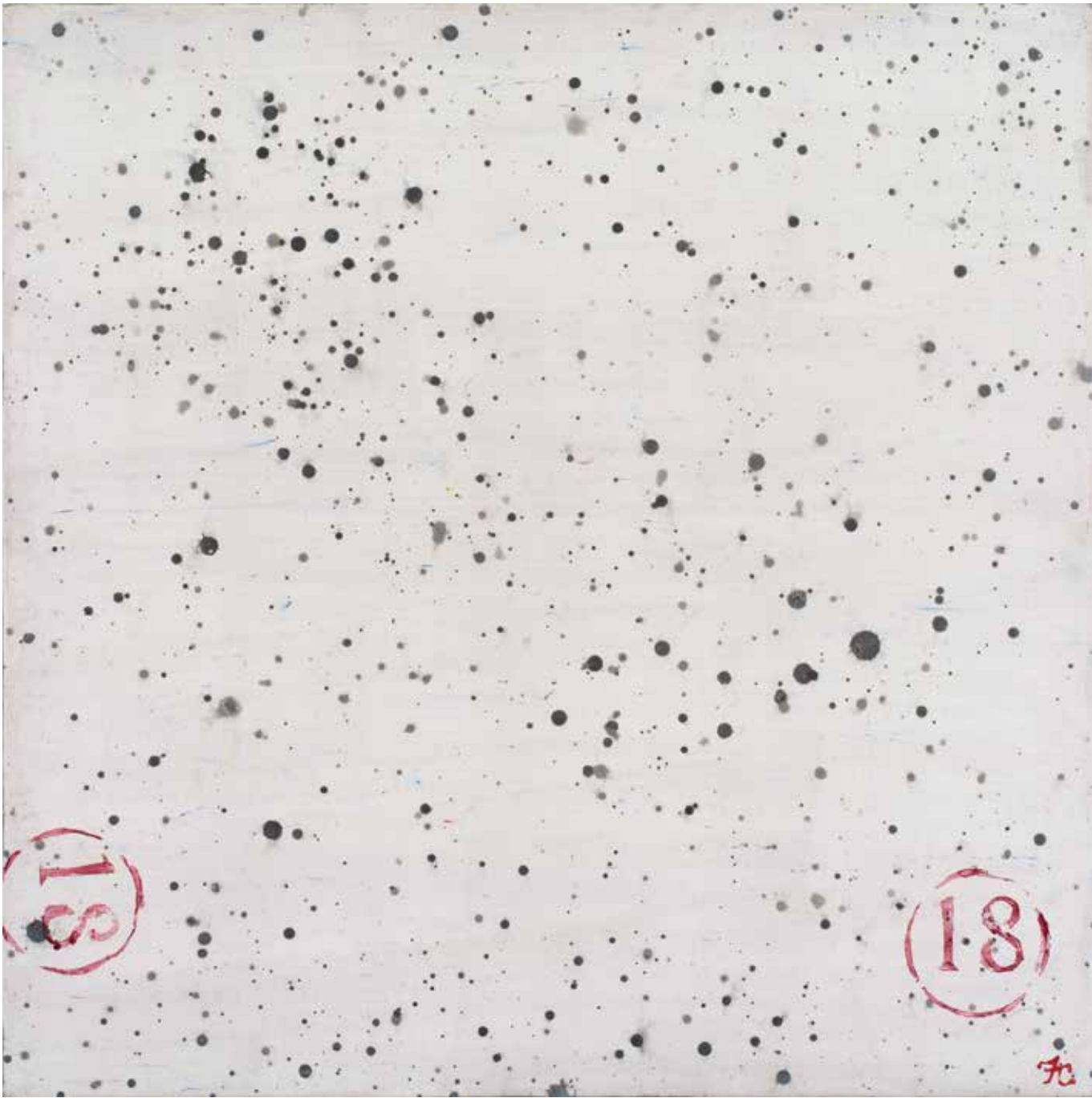
FRANCISCO CASTRO LEÑERO

Recordé lo que había leído en Primo Levi y decidí que la clínica de *El disparo de argón* tuviera pasillos bautizados con los nombres en español de los gases nobles: el Oculto, el Nuevo, el Extraño, el Emanado, el Inactivo. Imaginé una cripta de los signos donde cada sendero conduce a un destino peculiar. Para llegar al consultorio de mi protagonista, había que recorrer El Inactivo, es decir, el argón.

Entonces sólo se conocían cinco gases nobles. El oganésón se incorporó a la lista en 2015.

Escribí *El disparo de argón* cuando no usaba anteojos y mi contacto con la oftalmología era conjetural. Desde un punto de vista literario, ciertas cosas se entienden mejor cuando no se conocen del todo y deben ser imaginadas. El argón ha tenido para mí esa condición de estímulo volátil, no muy distinta a las letras que conforman el lenguaje, materia inerte que produce fuegos.”

Juan Villoro



Francisco Castro Leñero *Argón*
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Kriptón

NOMBRE

Gas
ESTADO FÍSICO

El kriptón es uno de los gases más raros del planeta: apenas alcanza entre 0.000108 y 0.000114 % en la composición total de la atmósfera terrestre. Es casi tres veces más denso que el aire. Se ha calculado que por cada átomo de kriptón existen 8 200 de argón, 184 000 moléculas de oxígeno y 685 000 de nitrógeno. Dicho de otra manera, por cada 100 litros de aire líquido obtendremos una pequeña gota de kriptón.

Fueron el químico escocés William Ramsay y su asistente, Morris Travers, quienes lo encontraron en 1898 por casualidad, “escondido”, mientras buscaban un elemento gaseoso faltante en la tabla periódica, entre el helio y el argón, pronosticado por Dmitri Mendeléyev tres décadas antes. Finalmente lo encontraron y lo llamaron neón. Y al “oculto” que apareció de manera insospechada lo nombraron por su vocablo griego, *kryptos*.

Durante muchos años se creyó que este gas inerte, como todos los de la familia de los nobles, era tan “arrogante” que se negaba a asociarse con otros elementos para formar algún compuesto. Ramsay pensaba que esto no podía ser cierto, pero carecía de los instrumentos tecnológicos que le permitieran demostrarlo. Fue hasta 1963 cuando se obtuvo un cristal sólido, blanquecino, estable a temperaturas inferiores a -30°C , de difluoruro de kriptón.

Alguna vez sirvió como patrón de referencia del metro, establecido mediante la longitud de onda del $^{86}\text{kriptón}$, el isótopo más pesado estable de dicho elemento, el cual se presenta en tonos anaranjados y marrones. De esta manera, un poco más de 1.5 millones de longitudes de onda emanadas de tal isótopo equivalen a un metro de longitud.

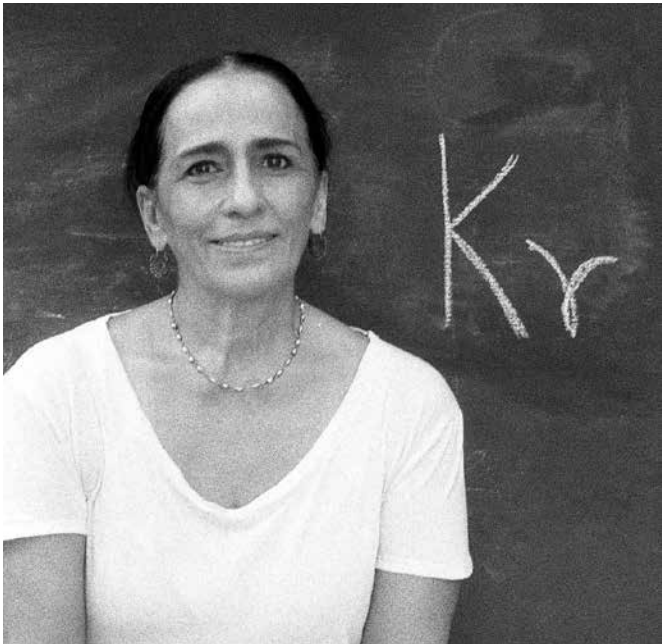
Haciendo honor a su fama de excéntrico, hasta hace poco no era más que una curiosidad de laboratorio. Pero el kriptón ha demostrado poseer características espectaculares. Se ha construido un rayo láser combinado con flúor que ha impulsado el sueño de, algún día, conseguir la fusión del núcleo atómico y así generar energía limpia, barata e inagotable.

Kr

SÍMBOLO

36

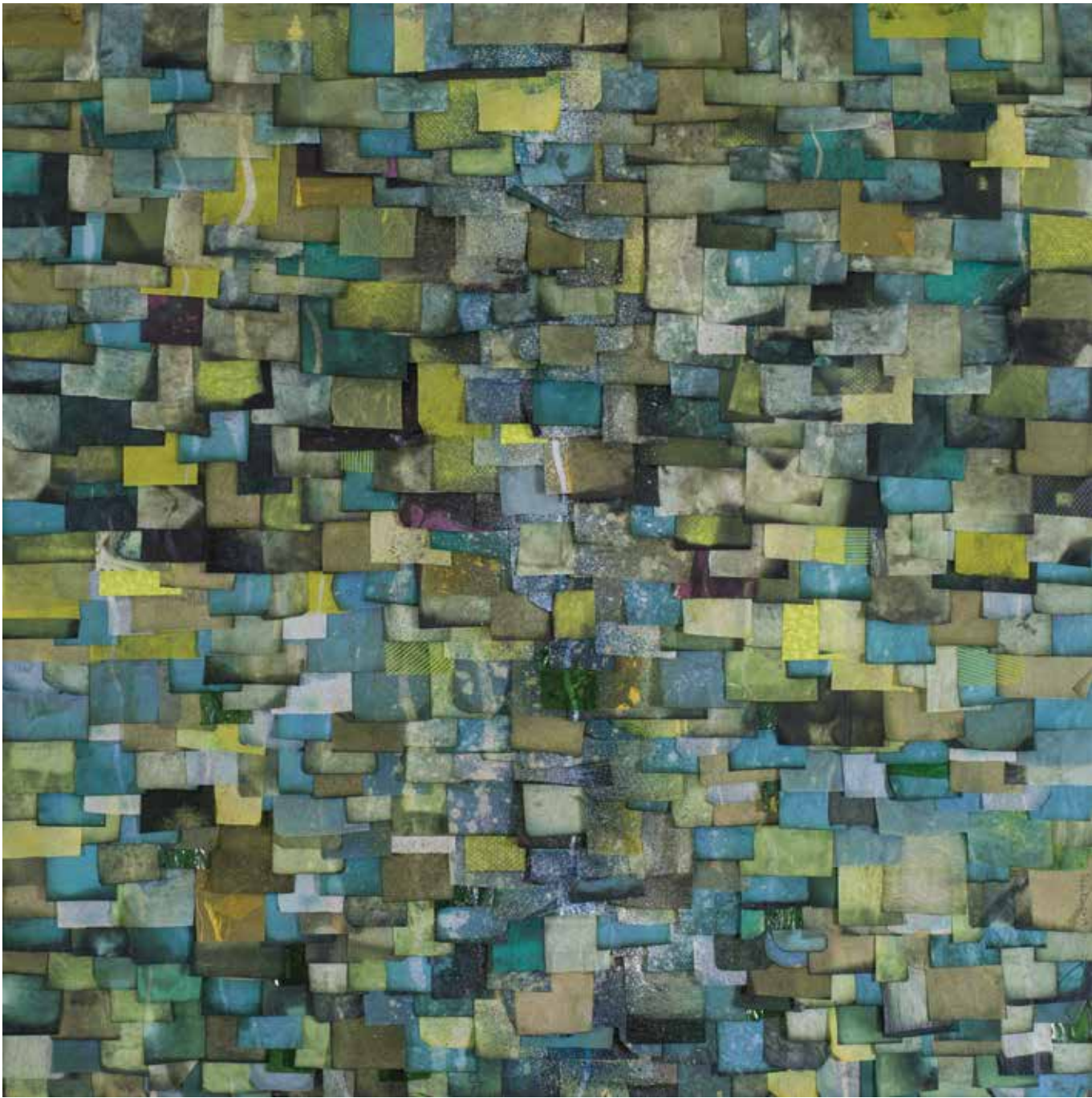
NÚMERO ATÓMICO



MARIBEL PORTELA

Este mismo tipo de láser se emplea para generar luz ultravioleta de gran potencia y fineza en cirugía de los ojos.

Sabemos que el isótopo $^{14}\text{carbono}$, cuya vida media es de 5 000 años, es útil para precisar la edad de organismos fósiles que tienen algunas decenas de miles de años de antigüedad. Pero para fijar la edad de elementos aún más antiguos necesitamos recurrir a los isótopos radiactivos de kriptón, ya que, por ejemplo, el $^{81}\text{kriptón}$ tiene una vida media de 230 000 años y puede traernos noticias de épocas remotas de nuestro planeta. El $^{85}\text{kriptón}$ tiene aplicación comercial, pues se le combina con fósforo a fin de producir un material que brilla en la oscuridad. Dado que el fósforo emite un resplandor cuando es golpeado por electrones externos, esto se consigue gracias a la radiación emanada del isótopo en cuestión. Tiene un uso extendido en la fabricación de lámparas luminosas y en proyectores de películas.



Maribel Portela **Kriptón**
papel teñido/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Xenón

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

Gas incoloro, insípido e inodoro, muy pesado, escaso en la superficie terrestre, también se encuentra en cantidades insignificantes en la atmósfera marciana. Como todos los de su grupo, su reactividad es mínima. No obstante, algunos mantiales en nuestro planeta despiden xenón, y la manera común de extraerlo es mediante licuado y separación del aire. Se ha encontrado en minerales y meteoritos. Se piensa que, debido a las temperaturas y presiones extremas en el núcleo de la Tierra, un 10% del xenón existente se halla unido al fierro y níquel almacenado en esa región. De hecho, la medición de xenón en esta clase de objetos cósmicos se ha convertido en una herramienta eficaz para estudiar la formación de la Vía Láctea. El método de datación radiométrica (I-Xe) permite conocer el tiempo transcurrido entre la síntesis de núcleos y la condensación de un objeto sólido a partir de la nebulosa solar.

Fue descubierto en 1898 por William Ramsay y Morris Travers, quienes con el mismo método de licuefacción del aire ya habían encontrado otros gases de la misma familia, como el argón, el neón y el kriptón. Su nombre deriva de la palabra griega que significa “extraño”. Es el único de los gases llamados nobles no radiactivos que forma compuestos estables a temperatura ambiente. Se ha logrado obtener xenón metálico mediante presión colosal, de varios cientos de kilobares.

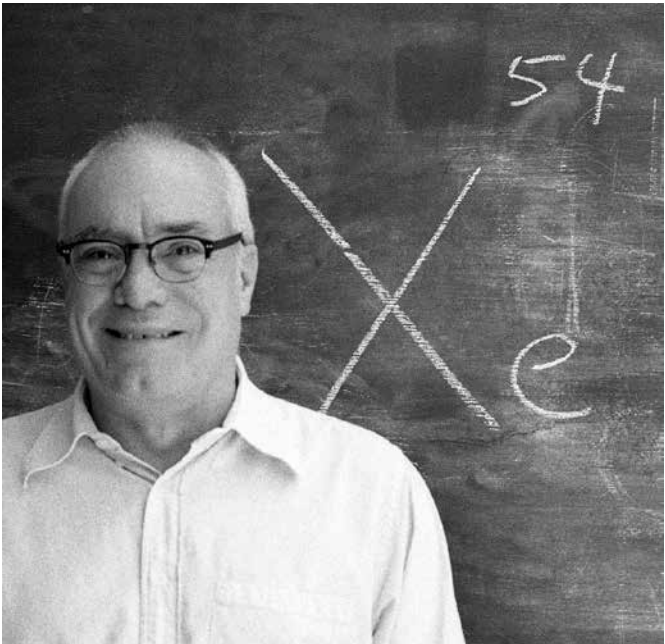
Es el segundo elemento con más isótopos estables, siete de ellos son estables y dos son ligeramente radiactivos. Además, se han examinado otras veinte formas isotópicas inestables. El ¹³⁵xenón se utiliza con objeto de predecir cómo se comportará un reactor nuclear luego de ciertos cambios en el nivel de potencia. Para ello se estudian los mecanismos que producen y eliminan el xenón de dicho reactor. El ¹³³xenón tiene una vida media de 5.2 días y su presencia en el refrigerante de un reactor, junto con ¹³⁵xenón, delata una probable falla del revestimiento del combustible.

Xe

SÍMBOLO

54

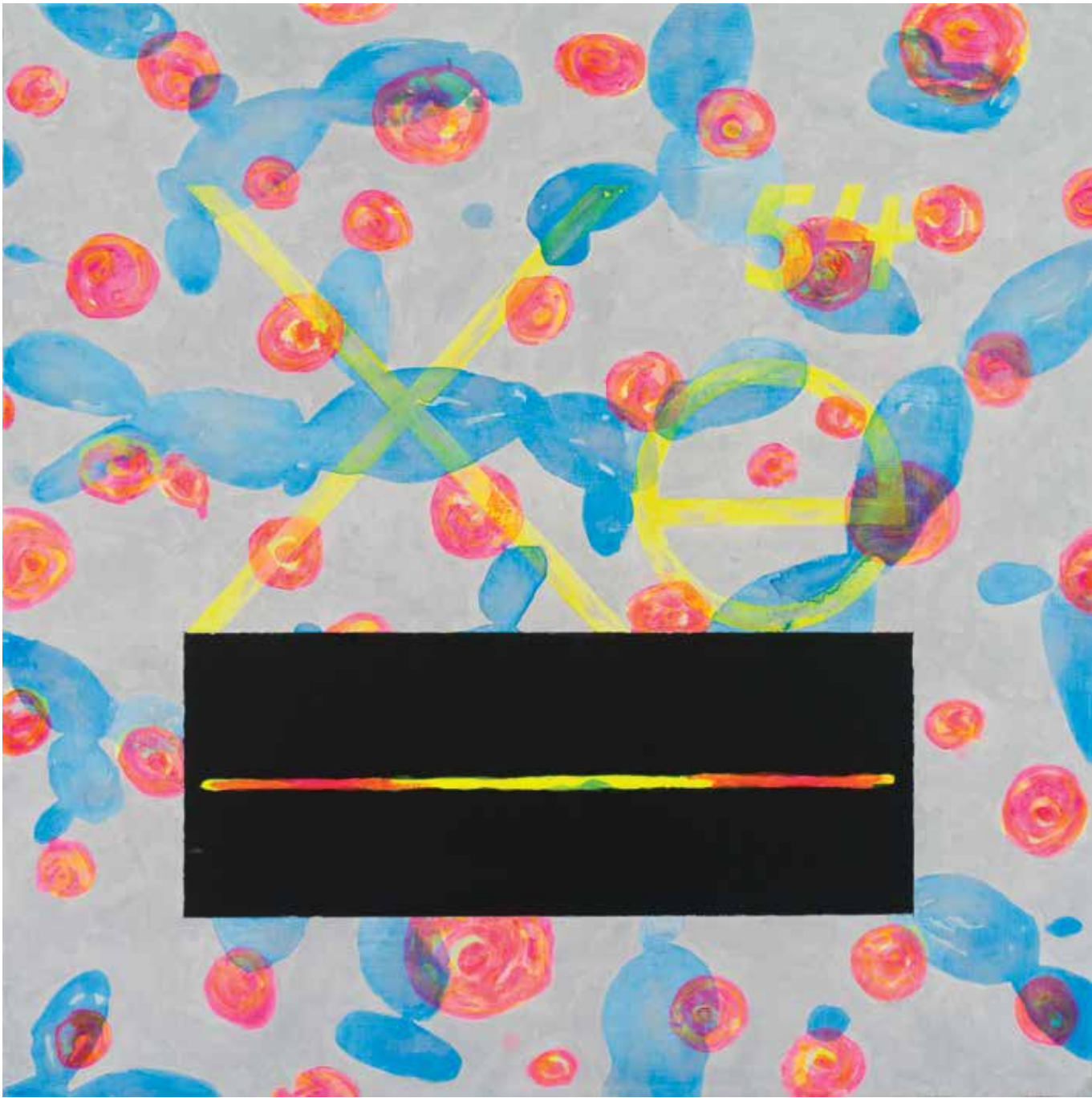
NÚMERO ATÓMICO



FRANCO ACEVES HUMANA

El xenón se utiliza para saturar dispositivos de destello, ya que produce una luz muy brillante, genera colores de manera homogénea y su vida útil es prolongada. Se emplea en la fabricación de lámparas que funcionan como bactericidas y, en general, para desinfectar instalaciones hospitalarias.

Una de las aplicaciones más recientes del xenón es como detector en la búsqueda de la materia oscura: se inyecta xenón líquido en un detector utilizado en física de partículas subatómicas, conocido como “cámara de proyección en el tiempo”. Si las partículas dentro llegaran a comportarse de una manera extraña, distinta a como deberían hacerlo, podría ser una señal de que están interactuando con esta enigmática materia, de la cual aún no sabemos nada.



Franco Aceves Humana *Xenón*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Radón

NOMBRE

Gas

ESTADO FÍSICO

Llamado en un principio “emanación de radio”, en efecto, el radón es un gas que surge luego del decaimiento (transformación) de dicho elemento. Es muy pesado y radiactivo, incoloro, 7.5 veces más pesado que el aire y 100 veces más que el hidrógeno. Entra en estado de licuefacción a $-61.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se congela a $-71\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si se siguiera enfriando, observaríamos destellos de una luz amarillenta, la cual se torna anaranjada, rojiza, cuando alcanza la temperatura del aire líquido, es decir, a $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Su escasez en la naturaleza es notoria dado que, por un lado, sus isótopos tienen una existencia media muy breve, y por el otro, su fuente —el radio— también es un elemento poco abundante en la Tierra. No obstante, se han detectado pequeñas cantidades en la atmósfera cercana al suelo en diversas partes del mundo por filtración en la tierra y en una variedad de rocas, ya que el radio es producto del decaimiento natural del uranio. Además, se mezcla fácilmente con el agua, por lo que es factible ingerir el que se ha acumulado en los tinacos y cisternas. El radón, a su vez, se transforma en isótopos de polonio, bismuto y plomo, los cuales también podrían hallarse en estos depósitos acuíferos. Otras partículas de polvo cargadas de radón podrían vagar por el ambiente y ser respiradas por personas y animales. De hecho, algunos estudios sugieren que ésta sería la causa más probable del cáncer de pulmón en no fumadores.

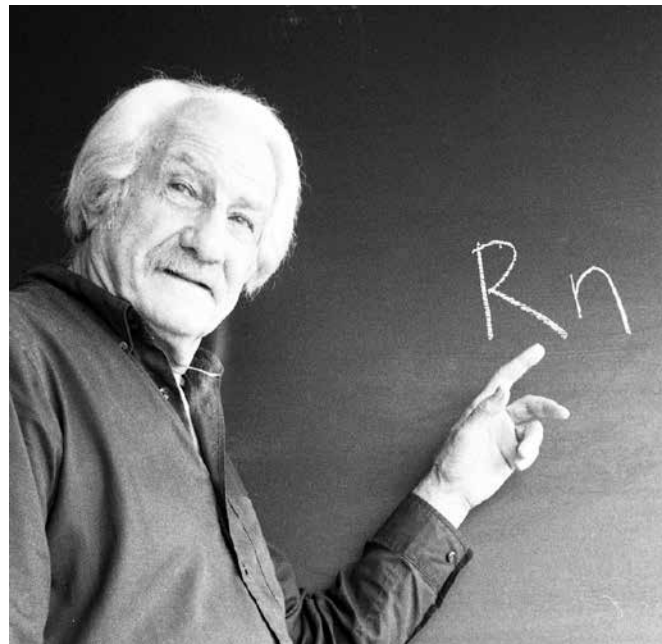
Fue en 1900 cuando el científico alemán Friedrich Ernst Dorn dio con el isótopo $^{222}\text{radón}$, pues es el que existe durante más tiempo: casi cuatro días. Era el quinto elemento radiactivo del que se tenía noticia. Hoy sabemos que el radón natural se presenta en forma de veinte isótopos, el más común de ellos, $^{226}\text{radón}$. Así, por ejemplo el $^{222}\text{radón}$ se desintegra a partir del uranio, mientras que el $^{220}\text{radón}$ surge del torio (dura 51.5 segundos) y el $^{219}\text{radón}$ del actinio (con una existencia media de 3.92 segundos). En 1908, William Ramsay y Robert Whytlaw-Gray lo aislaron y pudieron describir algunas

Rn

SÍMBOLO

86

NÚMERO ATÓMICO



BRIAN NISSEN

de sus propiedades. Lo llamaron “nitón”. Desde 1923 se convino en llamarlo por el nombre con el que lo conocemos hoy en día.

Desde hace algunas décadas se ha estudiado el potencial riesgo de este “hijo del radio” en las construcciones citadinas. Cuando el uranio se transforma en minerales —sobre todo el granito— produce radón, gas que puede escaparse a través de los suelos e internarse en los cimientos y muros de muchos edificios. No obstante, los cálculos indican que no hay más de un gramo por kilómetro cuadrado en el planeta.



Brian Nissen **Radón**

acrílico, chipboard y epoxy/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Darmstatio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

La ciudad alemana Darmstadt ha sido la sede del descubrimiento de seis elementos súper pesados. El cuarto de ellos, en orden cronológico, es el darmstatio, y con él se decidió hacer honor a la tradición científica del poblado.

Darmstadt toma el nombre germánico de su hidrografía. El antiguo pueblo era cruzado por un arroyo zigzagueante como un intestino, el *Darmbach* (*darm* significa “intestino” en alemán, y *bach* quiere decir “arroyo”). Es curioso, pues el descubrimiento del darmstatio también fue zigzagueante.

Este elemento es muy inestable, se desintegra unos cuantos microsegundos después de haber sido producido en el laboratorio. Algunos de sus isótopos viven unos milisegundos, y los más pesados, hasta segundos o minutos, como es el caso del isótopo 281, que, por cierto, es el más pesado de los que se le conocen.

Todos los elementos artificiales se forman al hacer chocar dos núcleos atómicos pesados. En el proceso, los protones y neutrones de los dos átomos en colisión se unen para formar un nuevo núcleo. Una vez formado, decaerá en una secuencia destructiva que va emitiendo agregados de protones y neutrones, como si se evaporara de manera paulatina.

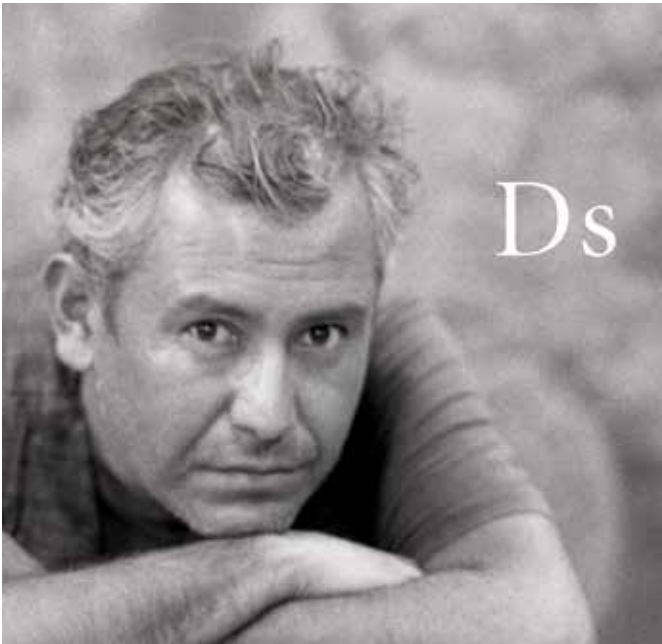
En 1987, un grupo internacional representado por Yuri Oganessian, del Instituto de Investigaciones Nucleares de Dubna, en la desaparecida Unión Soviética, reclamó la primera observación de este elemento. Reportaron que lo habían producido por dos métodos: bombardeando uranio con iones de argón, por un lado, y por el otro, bombardeando torio con iones de calcio. El nuevo elemento que aparecía como resultado de estos choques violentos era un isótopo con 166 neutrones, el cual se desintegró después de nueve milisegundos. El reclamo soviético fue sometido a una disputa por Albert Ghiorso y sus colaboradores del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, en Estados Unidos, quienes sostenían haber producido el elemento 110 en la forma de su isótopo 267.

Ds

SÍMBOLO

110

NÚMERO ATÓMICO



IXRAEL MONTES

Esta controversia fue resuelta en 1994 por Peter Armbruster, Sigurd Hofmann, Gottfried Münzenberg y su equipo, cuando dispararon iones de níquel contra un blanco de plomo, obteniendo como resultado el isótopo ²⁶⁹darmstatio, esta vez, de manera irrefutable. La discusión terminó, y en 2003 se pudo confirmar el proceso de producción en Estados Unidos.

En Darmstadt, Alemania, se han descubierto los elementos bohrio, hassio, meitnerio, darmstatio, roentgenio y copernicio. Antes de su producción en este laboratorio, los elementos sólo se producían en explosiones estelares. Dicho de otra manera, Darmstadt es el segundo escenario en el Universo que vio por primera vez estos elementos.



Ixrael Montes *Darmstatio*
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Roentgenio

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

“Ser o no ser”. Para el roentgenio, como para todos los artificiales, “ésta es la cuestión”. ¿Bajo qué consideraciones un arreglo de neutrones y protones puede ser llamado elemento químico? Es un problema casi filosófico y la controversia más importante entre los que se dedican a la producción de elementos sintéticos. ¿Cómo diferenciar una entidad química de la que no lo es?

Para algunos, la demarcación entre el ser y la nada tiene que ver con la duración de su existencia. Si lo que se ha generado en la colisión de dos núcleos atómicos es un nuevo núcleo atómico, entonces tiene que existir un tiempo razonable. Se ha propuesto que un compuesto de protones y neutrones que exista menos de 0.01 billonésimas de segundo no sea considerado un nuevo elemento químico, sino un “cuasi átomo”. Existen muchos aglomerados con un número de protones muy alto y que aparecen en las colisiones de iones. Sin embargo, la mayoría de éstos existen sólo 0.01 trillonésimas de segundo, por lo que no se consideran nuevos elementos.

Sobre estas consideraciones no hay consenso. Todos los elementos reportados hasta ahora tienen una vida media del orden de los milisegundos y, en algunos casos, microsegundos, pero no menos. El roentgenio y sus isótopos más pesados existen milisegundos, así que se puede considerar un elemento químico. No obstante, uno podría pensar que, más allá del tiempo de vida, se debería evaluar la capacidad del nuevo objeto para reaccionar con otros átomos, es decir, la química asociada con el elemento. Son sus propiedades las que lo definen y le dan existencia. El problema es que el lapso de milisegundos no permite calificar la capacidad para activarse con otros átomos. Además, a juzgar por su número atómico, podría parecerse al oro, lo cual significa que, aun si viviese más tiempo, sería pasivo. Se le dio este nombre en memoria de Wilhelm Conrad Röntgen, uno de los descubridores de los rayos X, quien recibió el primer premio Nobel de Física, en 1901.

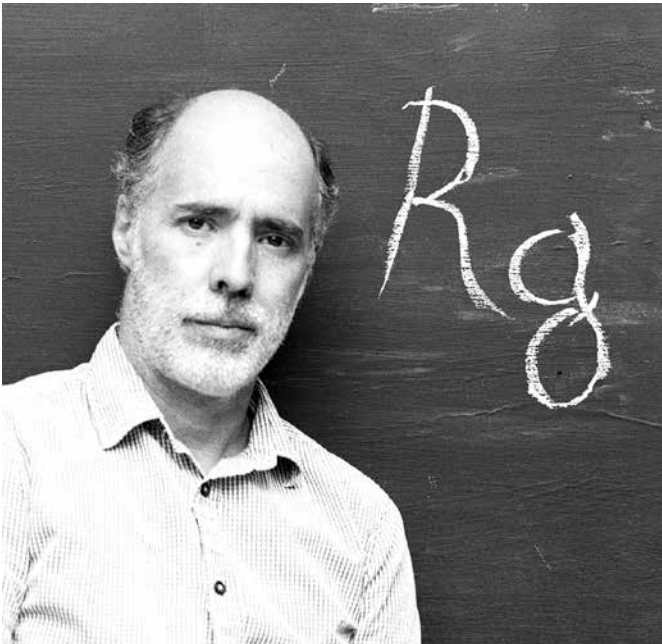
Para producir roentgenio por primera vez se dispararon

Rg

SÍMBOLO

111

NÚMERO ATÓMICO



ROBERTO RÉBORA

iones de níquel de alta energía contra un blanco de bismuto. El níquel fue impulsado en un acelerador lineal de 120 metros de longitud hasta alcanzar una velocidad de sesenta mil kilómetros por segundo, es decir, un 20 % de la velocidad de la luz. Al chocar, se observó el isótopo 272 del elemento 111. Este nuevo elemento químico se desintegró en 1.6 milisegundos.

Ahora se conocen seis isótopos de este elemento, y los más pesados (²⁸⁰roentgenio, ²⁸¹roentgenio y ²⁸²roentgenio) tienen una vida media de 3.6, 2.6 y 0.5 segundos respectivamente. Los isótopos más ligeros del roentgenio viven apenas algunos milisegundos. Este elemento existe el tiempo suficiente para “ser” y ahora que, además de en las estrellas, se produce en laboratorios, podemos recordar la sentencia de Hamlet: “Hay más cosas en el cielo y en la tierra, Horacio, que todas las que pueda soñar tu filosofía.”



Roberto Rébora **Roentgenio**
temple/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Copernicio

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

“Un poema de la física”, dijo uno de sus creadores cuando vio la cadena de desintegraciones del recién producido objeto. Lo que se fabricó en el laboratorio fue el isótopo 277 de este nuevo elemento —el copernicio—, que, casi tan pronto como apareció, comenzó a evaporarse en una sucesión de estrofas y versos que se desgranaban de manera previsible. En 47 segundos, seis decaimientos consecutivos que emiten protones y neutrones en paquetes de partículas alfa dejaron por escrito el acta de nacimiento del copernicio.

Mucho tiempo después, el elemento químico recibió el nombre en honor al astrónomo polaco Nicolás Copérnico, quien propuso el modelo heliocéntrico del sistema solar. Sus ideas son consideradas el inicio de una revolución del pensamiento y piedra fundacional de la astronomía moderna.

Para producir el copernicio se dispararon iones de zinc a 30 000 km/seg contra un blanco de plomo. Después de muchas colisiones se pudo observar la presencia de dos átomos del isótopo 277 de este elemento —modalidad con 165 neutrones—, con una vida media de 0.24 milisegundos.

En ese tiempo tan corto es imposible saber su comportamiento, su consistencia, su aroma, el color que reflejaría y la forma en que reaccionaría frente a otras sustancias. No sabemos cómo se combina con otros elementos, pero podemos especular, porque el número de protones lo sitúa en el grupo 12 de la tabla, justo abajo del mercurio. Por ende, su comportamiento químico debe parecerse a este elemento y es probable que, a temperatura ambiente, sea un líquido.

El isótopo más estable es el ²⁸⁵copernicio, el cual contiene más neutrones y por eso vive diez minutos, tiempo suficiente para estudiar la química asociada con él. Pero aún no se logra producir en cantidades suficientes para poder averiguar algo más de su comportamiento.

Contar con átomos tan pesados que viven minutos resulta más relevante que la posibilidad de experimentar con el elemento. Un tiempo de vida tan largo es espectacular porque

Cn

SÍMBOLO

112

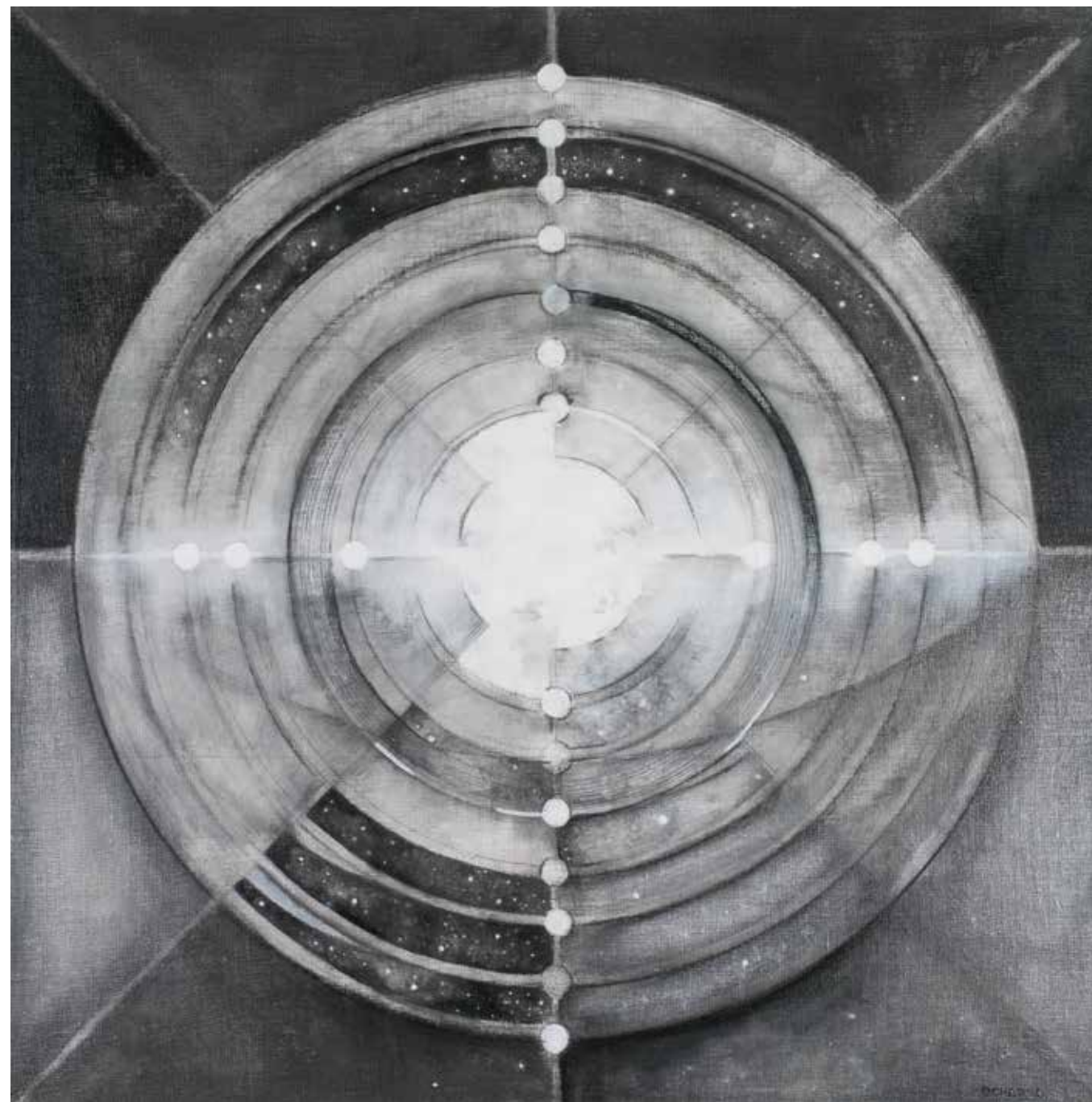
NÚMERO ATÓMICO



OLGA CHORRO

despierta sueños de exploración en *terra incognita*. Reaviva la esperanza de estar en los islotes de un archipiélago de estabilidad. Y es que durante mucho tiempo los físicos creadores de elementos pesados han creído que en alguna región situada alrededor de un número de protones alto pueden vivir elementos químicos que serían estables. Quizá se podrán encontrar agrupaciones con un número de protones y neutrones tal que vivan por muchos años rodeados de un mar de átomos fugaces, los cuales desaparecen en instantes inimaginablemente cortos. Esa posibilidad no es sólo de interés teórico: las consecuencias tecnológicas pueden ser enormes.

La “isla de estabilidad” equivale a la ciudad perdida de El Dorado. La leyenda dice que en algún lugar de la geografía desconocida se oculta una ciudad, un reino inmensamente rico y sofisticado. La “isla de la estabilidad” es El dorado de los físicos nucleares dedicados a construir nuevos elementos.



Olga Chorro **Copernicio**

grafito y lápiz graso/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Nihonio

NOMBRE

Probablemente sólido

ESTADO FÍSICO

“El lugar por donde sale el Sol”, así se llama el primer elemento químico nombrado por científicos orientales. La palabra *nihonio* es de origen chino, y se usa para designar a Japón, país donde fue observado por primera vez.

El nihonio fue identificado en el decaimiento del moscovio cuando se desintegra, emitiendo protones y neutrones en agregados que son conocidos como partículas alfa. Una parte del vapor en el que se desvanecía el moscovio resultó ser otro elemento, tan sintético como el que lo originó.

En su forma más estable, el nihonio tiene 173 neutrones y se le conoce como isótopo 286. Vive veinte segundos —una eternidad, si consideramos la vida de milisegundos o microsegundos, típica de estos elementos súper pesados.

De acuerdo con la periodicidad de los elementos químicos, el nihonio se encuentra debajo del talio y, como sabemos, los elementos de la misma columna poseen el mismo número de electrones en la órbita más externa. Por eso muestran las mismas propiedades químicas. Se pensaría que el nihonio, de existir en grandes cantidades, sería un metal maleable, gris y muy tóxico. Sin embargo, algunas mediciones en átomos súper pesados sugieren que la periodicidad de las propiedades químicas en los elementos puede llegar a su fin en algún punto. Es decir, la base que fundamenta la tabla periódica de Mendeléyev podría romperse para ciertos elementos muy pesados. Algunos se comportarían en forma diferente a como lo hace el vecino que se encuentra arriba en la columna correspondiente. En otras palabras, la tabla periódica podría dejar de ser periódica cuando los átomos sean muy pesados.

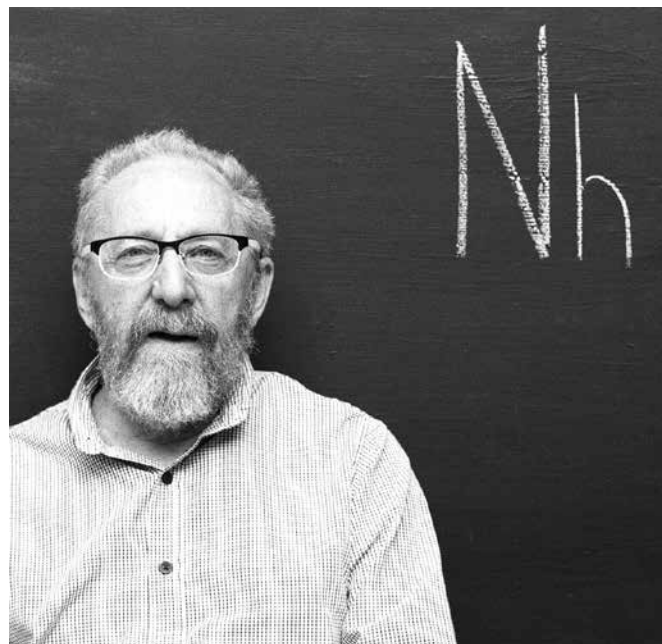
Cuando los núcleos tienen más de 100 protones, la física que gobierna esa aglomeración de protones y neutrones rodeados por electrones empieza a cambiar. Para entenderlo, uno puede pensar en los electrones de un átomo girando alrededor del núcleo. En algunos arreglos, su velocidad puede alcanzar hasta el 80 % de la velocidad de la luz. Según la teoría de relatividad especial, cuando las partículas se mueven

Nh

SÍMBOLO

113

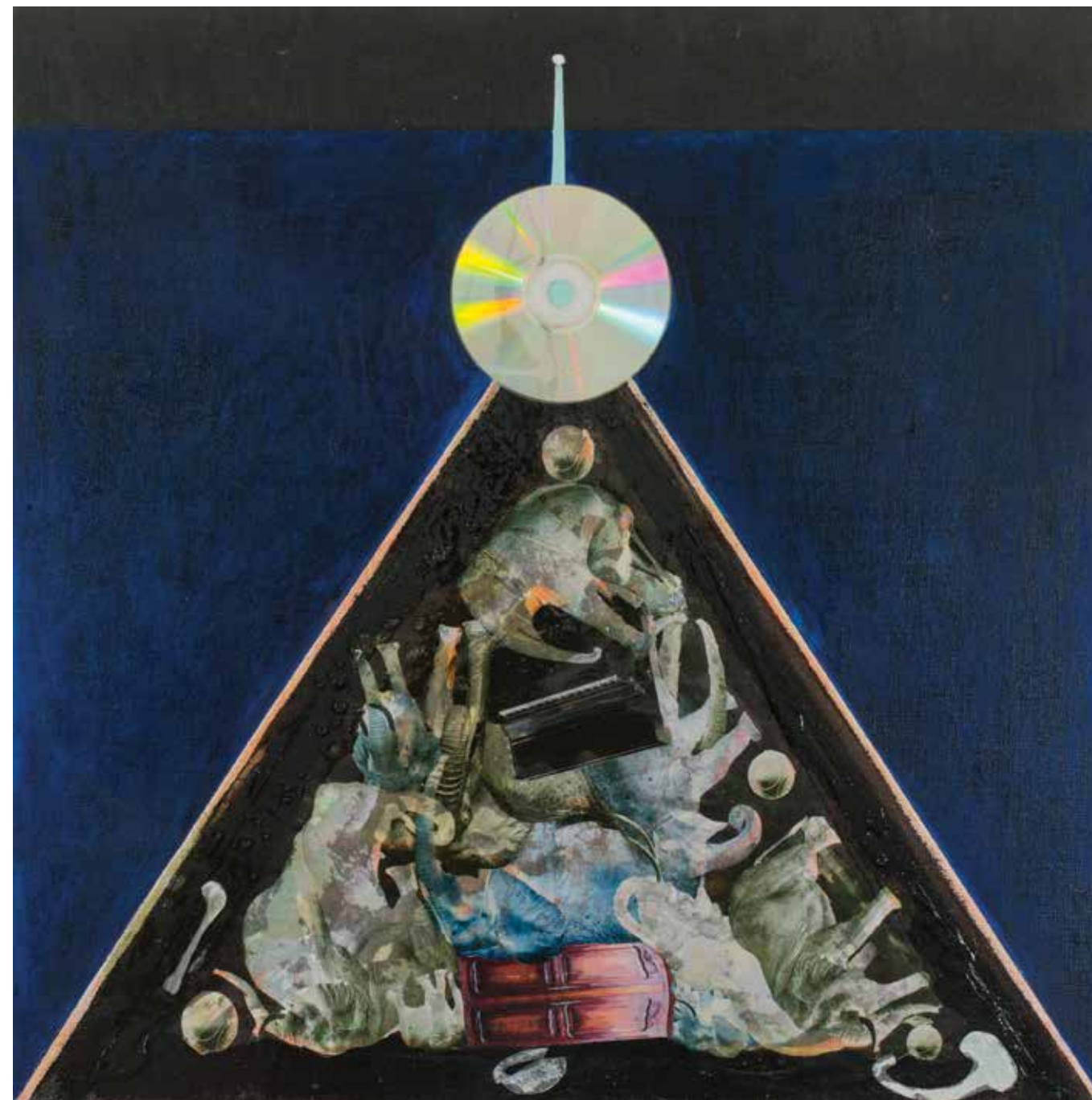
NÚMERO ATÓMICO



MARCOS LÍMENES

muy rápido adquieren masa y eso puede conducir a un cambio en la manera como los átomos comparten electrones con otros átomos. Es posible, entonces, que para átomos muy pesados, la química sea diferente.

Pero no sólo la manera como reaccionan esos átomos con otros puede cambiar cuando el número de protones crece. La forma de los núcleos también va cambiando. Algunos especialistas creen que el átomo más pesado de los conocidos hasta ahora, el oganesón, podría tener una burbuja en su interior, de manera que habría menos protones en el centro que en la periferia del núcleo. Otros átomos podrían tomar la forma de una dona.



Marcos Límenes *Nihonio*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Flerovio

NOMBRE

Posiblemente sólido

ESTADO FÍSICO

El flerovio debería comportarse como los elementos del grupo 14, donde está el plomo, pero algunos piensan que no lo hace y que sus propiedades son más bien las de un gas noble. Y es que el flerovio podría representar el fin de la periodicidad, fundamento de la tabla. Cuando la pesadez de los elementos alcanza valores tan altos, las cosas cambian y la más dramática de todas es el fin de la química conocida. Como dicen: “más es diferente”. Es probable que para explicar estos nuevos elementos, con semejante número de protones, se tengan que escribir otros libros de texto.

En los años de 1940, Maria Goeppert-Mayer y J. Hans D. Jensen se imaginaron el núcleo atómico ordenado en capas. En este modelo, los protones se aglutinan como lo hacen las hojas de una cebolla. A partir de ahí calcularon que cuando los núcleos tienen 2, 8, 20, 50, 82 y 126 protones o neutrones, entonces serían particularmente estables. A estos valores se los llamó “números mágicos”: con tal número de protones en el núcleo, los elementos tendrían asegurada una larga vida.

Así, por ejemplo, los núcleos con 82 protones y 126 neutrones forman el ²⁰⁸plomo, que es muy estable, en perfecto acuerdo con el modelo de capas. No es factible aún construir núcleos con el número mágico 126 de protones, pero cálculos más sofisticados del modelo de capas concluyeron que la estabilidad ocurriría cuando el número de protones fuera 114 y no 126, como se había pensado. Por eso se buscaron átomos con un número de protones cercano al 114. El flerovio debería ser, pues, el faro que ilumine la tan buscada “isla de estabilidad”. Hoy sabemos que la vida del elemento 114 es de alrededor de 30 segundos. Si consideramos los tiempos típicos de milisegundos o microsegundos, podríamos pensar que hay razones para alimentar la esperanza de una vida más duradera en algunos de sus isótopos o elementos circunvecinos.

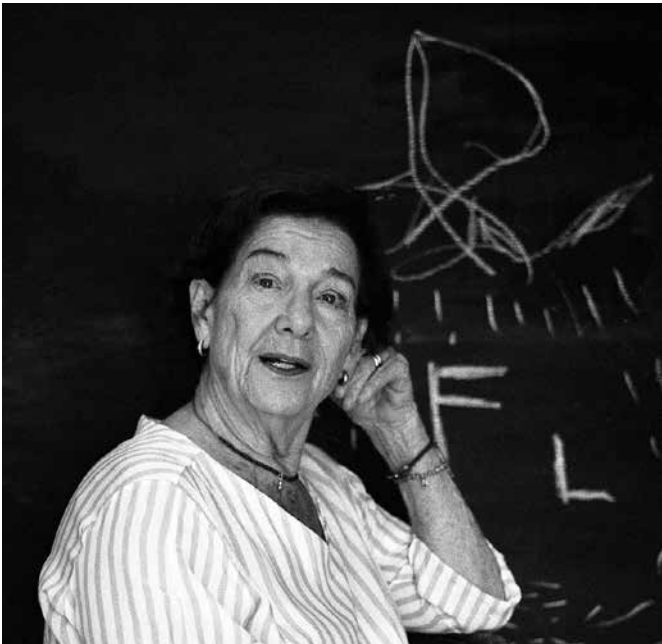
Algunos especialistas consideran que debe haber islas de estabilidad con un número de protones mayor, por lo que, si

Fl

SÍMBOLO

114

NÚMERO ATÓMICO



TERESA CITO

se lograran producir átomos muy pesados con, por ejemplo, 300 protones, podrían existir por más tiempo.

En 2012 se nombró a este elemento flerovio, en reconocimiento a Georgy Flerov, por sus contribuciones en el campo de generación de elementos sintéticos. Flerov aún vivía cuando se anunció el descubrimiento, pero falleció antes de que se supiera que el elemento llevaría su nombre. Promovió la antigua bomba atómica soviética. Es famoso por haber escrito una carta a Stalin, en 1942, para señalar el notable silencio en el campo de la fisión nuclear que se percibía en Estados Unidos, Gran Bretaña y Alemania, lo cual llevó a la Unión Soviética a desarrollar su propio programa atómico. Flerov encontró la manera de producir la fisión de uranio usando neutrones de diferentes energías. Ya antes había inventado un método para ralentizar neutrones al hacerlos pasar por aceite caliente.



Teresa Cito **Flerovio**
xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Moscovio

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

“Y es que el elemento 115, que no se encuentra en nuestro planeta de forma natural, ha sido identificado como el combustible de las presuntas naves de origen extraterrestre que se han estrellado a lo largo de las últimas décadas en Estados Unidos. ¿Está el ser humano a punto de fabricar el combustible de los ovnis? ¿Podría encerrar este nuevo elemento la clave de una poderosa fuente de energía y del control de la gravedad?” Palabras más, palabras menos, éstas son las ideas que expresaba Bob Lazar en noviembre de 1989, mientras era entrevistado para un canal de televisión de Las Vegas, Estados Unidos. Habló sobre los experimentos secretos en los que había estado trabajando para su gobierno. Afirmaba haber analizado naves extraterrestres capturadas por el ejército estadounidense con el fin de determinar el mecanismo de su funcionamiento mediante ingeniería inversa.

Para que se anunciara la producción artificial del elemento 115 debieron transcurrir quince años desde las escandalosas declaraciones de este hombre que nunca pudo mostrar sus estudios en las universidades que declaraba haberlos hecho. La credibilidad de Lazar sufrió un duro revés cuando se pudo constatar que el moscovio se desintegra en unos 100 milisegundos. Para producirlo se dispararon átomos de calcio contra un disco de americio. Los pocos ejemplares que pudieron ser vistos desaparecieron en un instante.

El polémico personaje no pudo haber analizado naves de origen extraterrestre con moscovio como combustible traído del sistema binario Zeta Reticuli, a 40 años luz de nosotros, porque este elemento se desintegra casi tan pronto como se produce. Lazar también afirmaba que dentro de las naves se bombardeaba al material con neutrones para producir livermorio, que sería más inestable. Ahora sabemos que, en efecto, el livermorio vive menos que el moscovio, pero no de manera sustancial como para afirmar que es más inestable.

A la fecha se han producido muy pocos átomos de moscovio en los laboratorios de nuestro planeta. Una vez cons-

Mc

SÍMBOLO

115

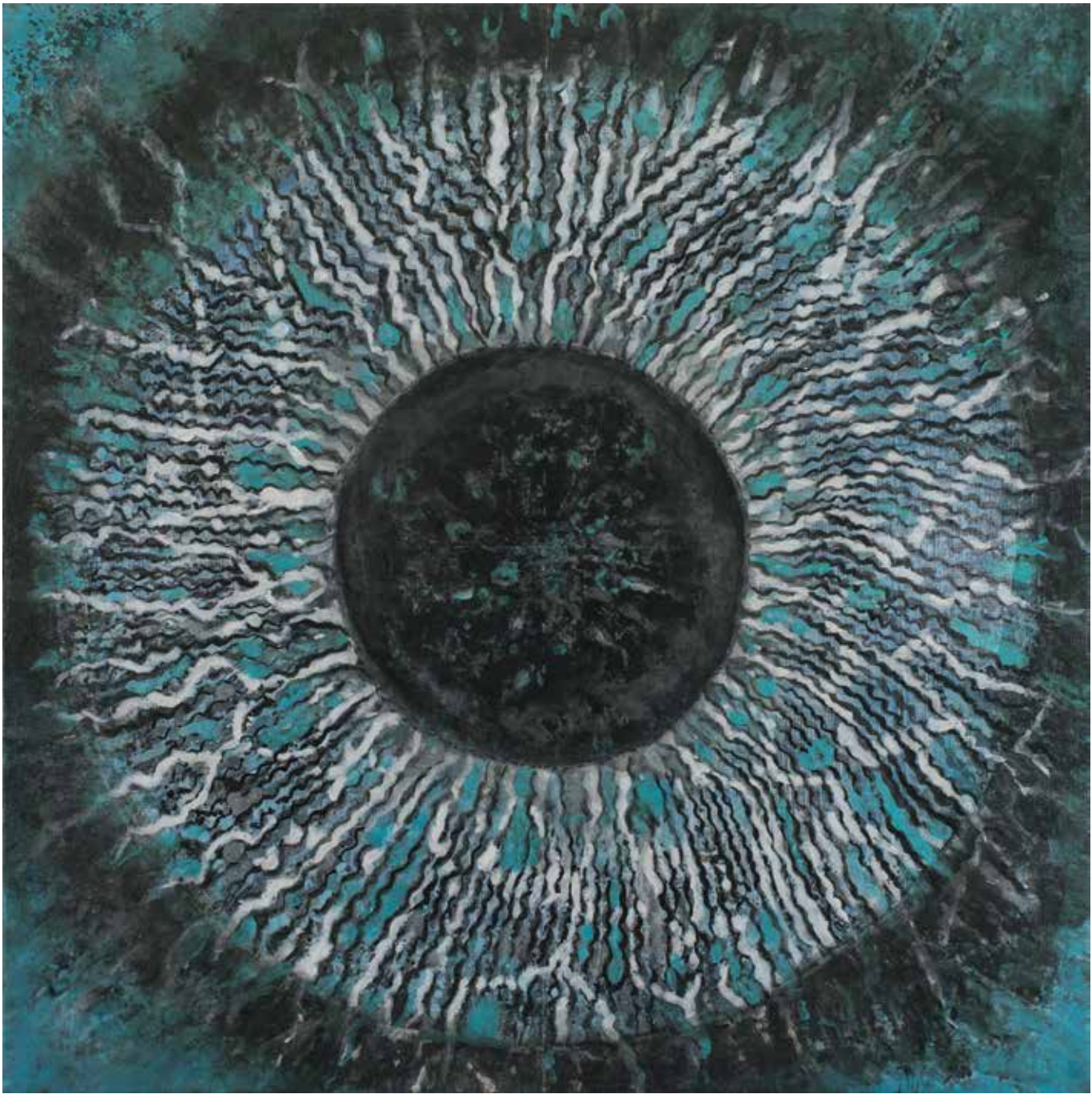
NÚMERO ATÓMICO



LILIANA DUERING

truidos, se evaporan sin que podamos saber cuáles son sus características. El moscovio se ubica en la misma columna de la tabla que el bismuto, por lo que pensamos que será parecido, pero aun esta periodicidad de las propiedades podría estar cambiando a medida que aumenta el número de protones en el núcleo de los elementos pesados.

La imaginación que despierta lo desconocido no se queda en el moscovio. Los elementos súper pesados son interesantes porque ponen a prueba la periodicidad de la tabla y podrían revelar la existencia de una “isla de estabilidad” con características fantásticas, porque llevan al límite los principios de la mecánica cuántica y porque bien puede ser que en las estrellas lejanas existan agregados de protones con propiedades extraordinarias esperando a ser descubiertas.



Liliana Duering **Moscovio**

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Livermorio

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

El livermorio comparte con el elemento químico más pesado de la tabla periódica una historia de engaño. El descubrimiento del elemento 116 está ligado al oganesón porque se lo encontró como un producto del decaimiento de este último. Su detección estuvo envuelta en la polémica: cuando, en 1999, se registraron millones de colisiones de kriptón contra un blanco fijo de plomo en el laboratorio, Victor Ninov se encargó de analizar los datos con los programas computacionales, pues era el único miembro del grupo familiarizado con el *software*. A pocos días de las primeras mediciones dijo que había visto eventos en que el elemento 118 decaía en el 116, que tampoco había sido detectado antes. El grupo revisó los cálculos y rescataron tres series de decaimientos que mostraban la aparición del elemento 118, con la subsecuente aparición del livermorio. Todos examinaron estos eventos sin revisar los datos originales.

Ese mismo verano, el laboratorio para la Investigación en Iones Pesados (GSI), en Darmstadt, intentó reproducir los resultados obtenidos en Berkeley, lo mismo que investigadores japoneses del laboratorio Riken, en Wako, pero ninguno tuvo éxito. En 2000, Ninov y su grupo trataron de reproducir su propio experimento. No apareció ningún elemento 118 y, por tanto, ningún 116, hoy livermorio. Un comité de revisores independientes descartó la posibilidad técnica de discrepancias en el arreglo experimental, sin considerar que se podría tratar de un timo.

En 2001, el grupo intentó de nuevo reproducir sus resultados. Cuando parecía haber vuelto a fracasar, Ninov dijo tener un evento con la cadena de decaimientos que revelaba la presencia de los dos nuevos elementos. Sin embargo, ya otro investigador había aprendido a manejar los programas de reconstrucción de la reacción y la mentira quedó al descubierto.

El grupo de investigadores decidió retirar el artículo de la revista *Physical Review Letters*, pero el editor se opuso y el

Lv

SÍMBOLO

116

NÚMERO ATÓMICO



MANOLO COCHO

mismo Ninov se quejó de que la retractación fuese enviada a sus espaldas.

Un tercer comité de revisores no encontró nada en los datos crudos donde Ninov supuestamente había observado los eventos y, más tarde, se pudo concluir que habían sido fabricados. Victor Ninov fue despedido y la historia quedó como ejemplo de conducta indeseable en la ciencia.

El descubrimiento se llevó a cabo en Rusia, disparando iones de calcio a un blanco con curio, con lo que se logró producir un solo átomo de este elemento. Años más tarde fue observado de nuevo al fundir átomos de californio con iones de calcio. El hallazgo fue anunciado junto con el del oganesón. El nombre hace honor a Livermore, California, donde se encuentra el Laboratorio Nacional Lawrence. Se conocen cuatro isótopos: el más estable, ²⁹³livermorio, tiene una vida media de 53 milisegundos.



Manolo Cocho **Livermorio**

acrílico y óleo/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

Teneso

NOMBRE

Probablemente sólido

ESTADO FÍSICO

La preparación de 22 miligramos de berkelio tardó 250 días. Una vez producido, la mitad se desintegrará en 330 días. No es mucho tiempo si se quiere experimentar con él en otro país, a 9 000 kilómetros de distancia. Los 22 miligramos de berkelio fueron transportados en un vuelo comercial de Nueva York a Moscú, en cinco cajas de plomo, pero el embalaje debió regresar a Estados Unidos en dos ocasiones porque la aduana rusa no permitió su entrada al país. Finalmente fue llevado a un laboratorio situado a mil kilómetros al oriente de la capital rusa. Allí se montó en una película delgada que permitiera luego usarlo como blanco en el acelerador de Dubna, localizado a 100 kilómetros al norte de Moscú. El elemento 117 fue nombrado teneso para recordar que fue en el laboratorio Oak Ridge, en Tennessee, Estados Unidos, donde se produjo el elemento berkelio que lo hizo posible.

Los isótopos del teneso tienen vidas medias que rondan los milisegundos, pero algunas predicciones teóricas dicen que el isótopo 326 de este elemento podría tener una vida media de mas de 300 años, mientras que el más pesado, con 220 neutrones, una vida de 10 000 millones de años, comparable a la edad del Universo. Los isótopos sintetizados hasta ahora son más ligeros, y la estabilidad prevista no se ha confirmado. Una predicción como ésta representa una promesa en el campo de investigación de elementos pesados porque las consecuencias tecnológicas podrían ser enormes.

Mucha gente considera la posibilidad de que algunos elementos súper pesados existan de manera natural. Esto significa que hay una “isla de estabilidad” en la que grupos de átomos con un número de protones y neutrones grande generan arreglos nucleares estables. Los isótopos del teneso podrían ser habitantes de esa isla.

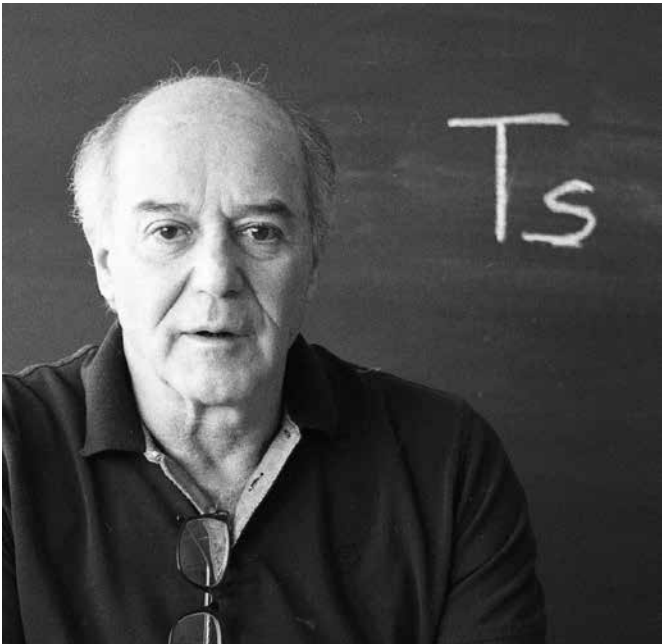
En la década de 1970, un grupo de investigadores estadounidenses estuvo buscando los elementos con un número de protones que va del 110 al 119, en meteoritos y material fósil muy antiguo. El resultado fue negativo. Otros científicos

Ts

SÍMBOLO

117

NÚMERO ATÓMICO



ÓSCAR GUTMAN

han buscado la presencia de elementos súper pesados en los espectros de emisión estelares, y aunque es muy razonable pensar que se puedan producir en la explosión de supernovas, no se ha encontrado evidencia.

Llama la atención la estrella HD101065, en la constelación Centauro, por su composición química. Cuando se analiza la luz que emite se advierte la presencia de elementos diferentes a los que se encuentran en otras estrellas, entre ellos, elementos pesados que quizá se han producido en el centro del astro. Por eso algunos piensan que este objeto celeste, ubicado a 400 años luz de nosotros, podría albergar elementos súper pesados. Una segunda estrella, la HD 25354, también presenta una composición peculiar. Sin embargo, y a pesar de los muchos años de estudio de estos dos objetos celestes, su identidad química sigue siendo un misterio.



Óscar Gutman *Teneso*

xxxxxxx, 60 × 60 cm, 2019

Oganesón

NOMBRE

Desconocido

ESTADO FÍSICO

La producción del oganesón es tan improbable que el acelerador con que se logró estuvo operando durante cuatro meses para registrar billones de colisiones de iones de calcio con californio y obtener sólo unos cuantos átomos, el más pesado de los átomos conocidos.

¿Hay un límite para los elementos químicos pesados? Y si lo hay, ¿cuántos protones tendrá el último elemento? Cuando se descubrió el plutonio se pensó en nombrarlo “ultimum”, creyendo que con éste terminaría la tabla. Después se encontró que, si bien el plutonio es el más pesado de los que se pueden encontrar en la naturaleza, resulta posible fabricar otros con más protones en su núcleo. Luego surgió la sospecha de que el máximo estaría en 108. Hoy sabemos que hay un elemento —el oganesón— con 118 protones.

Se calcula en 172 el máximo número de protones. Según esto, con la carga eléctrica que corresponde a dicho número, los electrones ya no podrían neutralizar al objeto y éste dejaría de existir como entidad química. Otros piensan que, en realidad, es 137, porque la velocidad de los electrones en un átomo con tal cantidad de protones sería mayor que la velocidad de la luz. Después, con ajustes a los cálculos, el número sube a 173 protones.

Desde hace mucho se especula sobre la existencia de islas de estabilidad en regiones con un mayor número de protones. Se ha construido un modelo de los átomos en el que se puede deducir que existen números de protones que dan estabilidad a los arreglos. A éstos se les llama “números mágicos”. Se ha pronosticado que un átomo con 126 protones es posible y que, siendo un “número mágico”, este elemento será el centro de una “isla de estabilidad”. No hay evidencia de que esto ocurra, pero la búsqueda continúa.

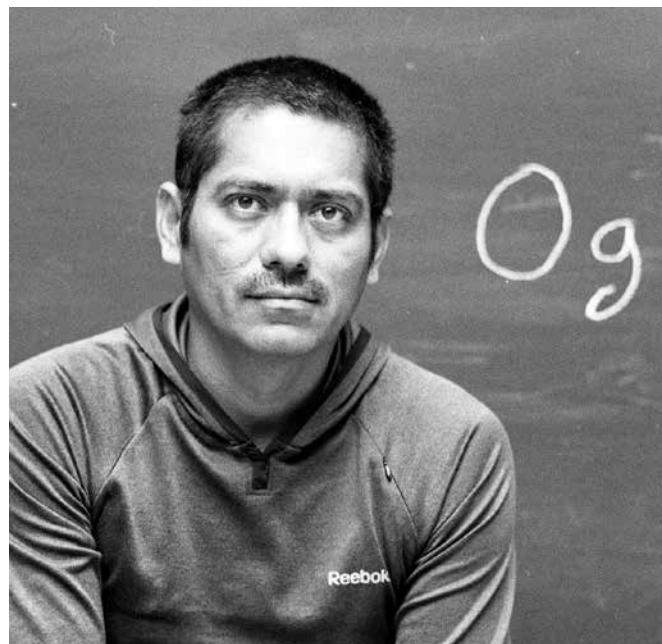
Otro número mágico es 184, por lo que quizá haya otra posibilidad. Los estudiosos creen que podrían existir elementos que vivan miles de millones de años. De ser cierto, el uso tecnológico que se podría hacer de ellos es prometedor porque

Og

SÍMBOLO

118

NÚMERO ATÓMICO

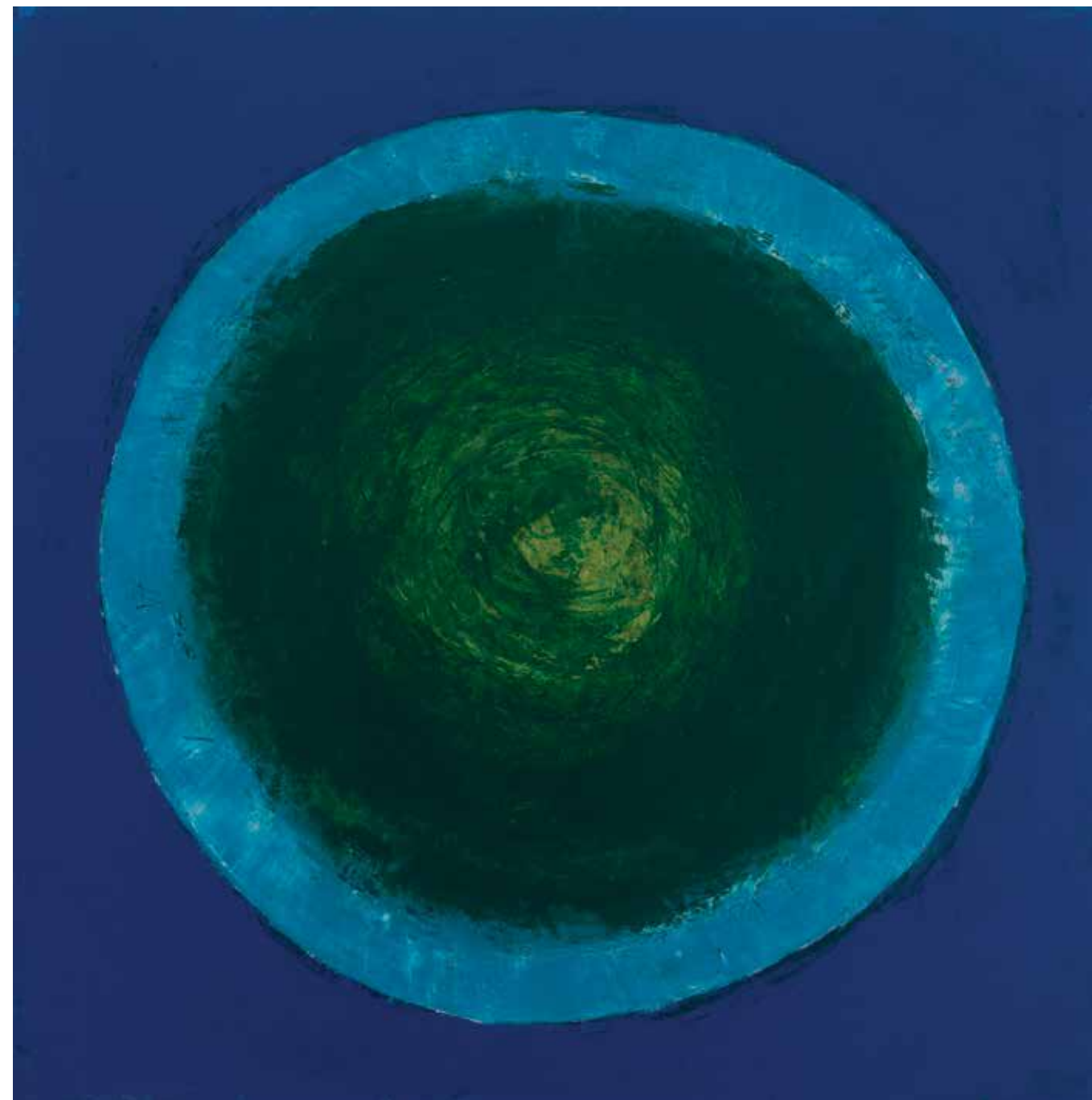


ADONAY VÁZQUEZ

representan una fuente de neutrones extraordinaria. La baja masa crítica los hace interesantes por su capacidad explosiva, lo que no necesariamente tiene que significar destrucción.

El oganesón fue nombrado en honor al físico ruso Yuri Oganessian, considerado uno de los investigadores más importantes en la síntesis de elementos pesados. Ha estado involucrado en el descubrimiento de más de media docena de elementos sintéticos, ya sea de manera experimental o a través de sus ideas teóricas que han llevado la propuesta de métodos de síntesis.

Sin duda, uno de los aspectos interesantes del elemento más pesado es que podría poner de relieve, de manera crítica, el posible colapso de la tabla periódica. Como dijo Yuri Oganessian: “Si el oganesón no es inerte, como se espera, si resulta ser reactivo, entonces ya ocurrió: la tabla periódica ha llegado a su fin.”



Adonay Vázquez **Oganesón**
acrílico/lino/madera, 60 × 60 cm, 2019

FERNANDO ACEVES HUMANA | Ciudad de México, 1969

Estudió Artes Visuales en la Universidad Autónoma de México y se especializó en grabado en metal en la Escuela de Bellas Artes de Roma. Ha recibido numerosos premios y reconocimientos, entre ellos, la Residencia Artística UNESCO-Aschberg para residir en Senegal (1995), la beca de Jóvenes Creadores del FONCA (emisiones 1995, 1998 y 2001) y la beca de excelencia artística del Gobierno de Francia (2002); ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores (emisiones 2007, 2012 y 2016). Ha realizado numerosas exposiciones en México y muestras individuales en Senegal, Suiza, Italia, España, Francia, Inglaterra, Vietnam, Tailandia y Alemania. Fue cofundador del colectivo de artistas “Tequio La buena impresión” (2011), conformado por Francisco Castro Leñero, Doctor Lakra, Iraís Esparza, Lydia Parusol, Nicolás Guzmán, Carla Rippey, Daniel Barraza, Franco Aceves, Javier Areán, Saúl Villa, Carlos Pez, Daniel Flores, Jonatan Velázquez, Maribel González y Francesco Siqueiros, quienes donaron la prensa de grabado y el material a la fundación del taller de impresión Char-rufa de la Royal University of Fine Arts de Phnom Penh, el primer taller de grabado en la historia del Reino de Camboya. En 2013 coordinó la instalación del taller de grabado del Centro Cultural Toot Yung en Bangkok, Tailandia. Vive, trabaja y enseña en la ciudad de Oaxaca, México.

FRANCO ACEVES HUMANA | Ciudad de México, 1965

Estudió en la Escuela Nacional de Artes Plásticas-UNAM. Ha participado en más de ciento cuarenta muestras colectivas, y cuenta con veintiséis exposiciones individuales realizadas en espacios como Museo Carrillo Gil (Ciudad de México), Galería Howard Scott (Nueva York), Museo de Arte Contemporáneo (Oaxaca), Galería Jacobo Karpio (San José, Costa Rica), Galería Arte Actual (Monterrey), Galería Amalia Pizzardi (Milán), Galería Almirante (Madrid), Centro de las Artes de Nuevo León (Monterrey), y Museo de Aguascalientes. Ha sido becario de los programas Jóvenes Creadores y Apoyo a Proyectos Culturales del FONCA, y ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores en tres emisiones. Ha recibido, entre otros, el premio de adquisición, sección Estampa, del Salón Nacional de Artes Plásticas; mención honorífica en el VIII Encuentro Nacional de Arte Joven, y premio en el Primer Concurso de Pintura Johnnie Walker/ Museo de Arte Moderno. Su obra forma parte de las colecciones del Museo Nacional de la Estampa, Instituto de Artes Gráficas de Oaxaca, Museo de Arte Carrillo Gil, Museo Universitario de Arte Contemporáneo, Secretaría de Relaciones Exteriores, Museo de Arte Moderno y Museo de la Secretaría de Hacienda, en México; Neiman Marcus Collection (Estados Unidos); National Gallery of Australia;

Museo de Arte Contemporáneo de Chile; Museo de Arte de Nagoya, Japón; y Calcografía Nacional de Madrid, así como de colecciones privadas en Latinoamérica, Estados Unidos y Europa.

GABRIELA AGUIRRE | xxxxxxxxxx

MIGUEL ÁNGEL ALAMILLA | xxxxxxxxxx

PABLO AMOR | xxxxxxxxxx

PER ANDERSON | xxxxxxxxxx

RUBÉN ARENAS | Ciudad de México, FALTA AÑO

Estudió en la Escuela Nacional de Pintura, Escultura y Grabado “La Esmeralda”. Ha realizado numerosas exposiciones individuales en distintas galerías y centros culturales del país y ha participado en más de cien muestras colectivas en México y el extranjero. Su obra ha aparecido en publicaciones como *Punto de partida*, *Plural*, *Básica*, *Memoria*, *La Otra Gaceta*, *Época*, entre otras. Ha impartido talleres de pintura en instituciones como la Escuela de Artes Plásticas de la Universidad de Coahuila. Ha sido merecedor de diversos reconocimientos: Primer Premio en el XX Concurso de la revista *Punto de Partida* de la UNAM (1987), Premio de Adquisición en la Sección de Dibujo del Salón Nacional de Artes Plásticas del INBA (1988), Primer Premio en la rama de Viñeta de la *Revista Plural* (1992), menciones honoríficas en el Segundo Concurso de Pintura INDART y en el Salón Anual de Mini Estampa (1993), beca para Jóvenes Creadores del FONCA (1990-1991 y 1994-1995), mención honorífica en el XV Encuentro Nacional de Arte Joven (1995). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2011-2014).

LUIS ARGUDÍN | xxxxxxxxxx

GUILLERMO ARREOLA | Tijuana, Baja California, 1969

Ha presentado más de veinte exposiciones individuales, entre las que se encuentran *Conjurios* (Casa Lamm, Ciudad de México, 2018), *Sursum Corda* (Museo de la Ciudad de México, 2015), *El olvido que me diste. Una retrospectiva* (Centro Cultural Tijuana, 2014), *Para verte mejor* (Consulado General de México en Los Angeles, 2012), y *Semen* (Casa Lamm, 2010). Ha participado en más de treinta exposiciones colectivas. Colaboró con treinta y seis obras pictóricas en *Via Corporis*, libro de poesía de Pura López Colomé. Como escritor, ha publicado *La venganza de los pájaros* (Fondo de Cultura Económica, 2006), *Traición a domicilio* (Joaquín Mortiz, 2013) y *Fierros*

bajo el agua (Joaquín Mortiz, 2014).

JAVIER BASSI | Montevideo, 1964

En 1993 viajó a México, Estados Unidos, Europa y el Norte de África, y fue becado por el United States Program en New York y Boston. En 1996 recibió el Prix Paul Cézanne y trabajó en el Atelier Alraune, asistido por el Musée des Beaux Arts de Nantes. Dos años más tarde se trasladó a Nueva York y realizó pinturas y objetos monumentales en el J. M.Studio. Desde 1990 expone regularmente en Latinoamérica, Estados Unidos y Europa. Ha representado a Uruguay en la VI Bienal Internacional de Pintura de Cuenca, la I Bienal del Mercosur, la VII Bienal de la Habana y la II edición de la Bienal Internacional de Montevideo. Ha obtenido importantes premios del Uruguay, entre otros: VI Muestra Nacional (1994), Salón Centenario del BROU (1996), Salón Municipal (1998), VIII Bienal de Salto (2000), 50 Salón Nacional (2002), Mural del Bicentenario (2011), Premio Ancap X Bienal de Salto (2013); además, recibió el Niveau Award en la 3th International Mail Art Biennale en Hungría (2010) y el Fondo de Creación Justino Zavala Muniz (FEFCA 2012-2014). Entre sus exposiciones recientes destacan *58 Premio Nacional de Artes Visuales: Linda Kohen* (2018), *48 Premio Montevideo de Artes Visuales* (2017), *Javier Bassi. The Black Lodge* (2016), *Esbozos intangibles* (2016) y *Blanes ocupado* (2016), realizadas en Montevideo, Uruguay; y ARTBO (2016), en Bogotá, Colombia.

JORDI BOLDÓ | Barcelona, 1949

Ha expuesto obra pictórica en numerosos museos y galerías de América y Europa, entre ellas, la más recientes: *La memoria de las cosas* (Galería Lux Perpetua, Mérida, Yucatán, 2018), *Despistes, indirectas, digresiones y demás tretas para preguntar* (Galería Libertad, Querétaro, 2017), y *Beau Dégât [bo.de.ga]* (Galería de Arte, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 2016). Su obra ha sido reconocida con diversos premios y distinciones, entre ellos, el Primer Premio de Adquisición en la IV Bienal de Pintura J. A. Monroy (Guadalajara, 2018); y la Presea Germán Patiño Díaz (Ayuntamiento de Querétaro, 2014). Obra suya forma parte de diversas colecciones públicas y privadas, entre ellas, las del Museo de Arte de Querétaro, Museo José Luis Cuevas, Museo Universitario del Chopo, Museo de Arte Carrillo Gil, Chemical Bank México, Museo de Arte Contemporáneo Alfredo Zalce, Grupo Comex, Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez, Museo Fernando García Ponce-Macay, Hope College DePree Art Center, Holland Area Arts Council, Museo de Arte Contemporáneo de Vélez-Málaga, Museo de Arte Moderno de México, Museo de Arte Contemporáneo 8, Museo de Arte Moderno del Estado de México y Secretaría de Cultura del Estado de Ceará. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2000 a 2015).

PILAR BORDES | xxxxxxxxxxxx

Estudió en la Escuela de Artes Plásticas de la Universidad de Guadalajara, Jalisco. En 1980 viajó a Barcelona, donde empezó a trabajar el grabado. Desde entonces ha participado en diversas exposiciones colectivas nacionales e internacionales. Ha presentado su trabajo en forma individual en diecinueve ocasiones en Guadalajara, San Miguel de Allende, Barcelona, Banff, Serbia PONER CIUDAD, San

Antonio Texas y Ciudad de México. En 1983 fundó en Guadalajara el Taller Gráfica Bordes, que se convirtió en un centro promotor de ediciones de grabados e impulsor de la gráfica como un medio de expresión plástica, al editar numerosas carpetas y portafolios de artistas del país. En 1996 cambió su residencia a la Ciudad de México. En 2002 y 2007 participó en el Programa de Residencias Artísticas México-Banff, y en 2006 inició el proyecto editorial *Artistas en México*, colección de cuarenta libros de pequeño formato, monográficos y bilingües. En 2012 obtuvo el apoyo del Proyecto de Inversión Cultural en la Producción de Obras Literarias Nacionales, y en 2013 fundó la Editorial Gráfica Bordes. Actualmente trabaja en proyectos editoriales y personales sobre la plástica y expresión contemporánea. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte PONER AÑOS.

ARTURO BUITRÓN | Ciudad de México, 1961

Egresado de la ENAP-UNAM. Cuenta con más de cuarenta exposiciones individuales en espacios como Museo de Arte Moderno (Estado de México); Instituto Michoacano de Cultura y Museo de Arte Contemporáneo Alfredo Zalce (Morelia); Casa Municipal de Cultura (Zacatecas); Teatro del Pueblo, Banco de México, Fundación Sebastián, Museo Universitario del Chopo y Museo de Historia de Tlalpan (Ciudad de México); y Centro de Arte Contemporáneo El Piramidón (Barcelona). Ha participado en más de sesenta exposiciones colectivas, entre ellas, la Primera Bienal Nacional de Pintura Luis Nishizawa, la V Bienal Nacional de Artes Visuales de Yucatán, la muestra *Sin comisario* (Museo de Arte Moderno del Estado de México), así como otras en museos y galerías de Sudamérica y Europa. En 2016 realizó *Paisaje rizoma*, intervención efímera en el Instituto Nacional de Cancerología (Ciudad de México). Su obra forma parte de las colecciones de Fundación Sebastián, Museo Alfredo Zalce, Museo Universitario del Chopo, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Cultura de la Ciudad de México, Alcaldía Xochimilco y Centro de Arte Contemporáneo El Piramidón. Entre otros reconocimientos, ha sido becario de los programas Jóvenes Creadores del FONCA (1996). de “Arte por todas partes” (Secretaría de Cultura de la Ciudad de México, 2002), y de la Fundación Cultural Bancomer (2000). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2009-2011 y 2014-2016).

JOSÉ LUIS BUSTAMANTE | Ciudad de México, 1955

Estudió en la ENAP-UNAM. Ha expuesto individualmente en museos, galerías y ferias de arte como Expo Arte ny y The National Arts Club (Nueva York); Galería Alva de la Canal y Museo de Antropología (Xalapa); Fundación Álica (Tepic); Museo de Arte Contemporáneo de Yucatán (Mérida); Museo Pedro Coronel (Zacatecas); Museo José Luis Cuevas, Museo de la SHCP/Antiguo Palacio del Arzobispado (Ciudad de México); y Gallerie Beaux Arts des Ameriques (Montreal), entre otros. Ha participado en numerosas muestras colectivas en México y el extranjero, como *Soledad. Murales de la colección Fundación Sebastián* (Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez); *Latin Leaders Mexican Artist Exhibition* (Museum of Mexican Art of Chicago), y *II Exhibition Molaa Award* (Latin American Art Museum,

Long Beach, California); *Paisaje. Latin American Art* (Athenians Multicultural Center, Atenas); *XIV International Engraving Salon Carbonari* (Florean Museum, Maramures, Rumanía); *VII Etnia: Latin American Art Fair Exhibition* (Centro Abbaye, Neumunster, Luxemburgo); *Latin American Art* (Museum Lakma Amesfoort, Holanda); y *II Penang: International Art Print Exhibition* (Penang, Malasia). En 2007 recibió el premio Gran Pollok-Krasner Foundation (Nueva York).

LORENA CAMARENA | Ciudad de México, 1974

Estudió dibujo con el pintor tapatío Ignacio Garibay, y posteriormente Artes Visuales en la Universidad de Guadalajara. Cuenta con dieciséis exposiciones individuales y treinta y tres colectivas en México, Canadá, Francia y Estados Unidos. Su obra ha sido seleccionada para integrar importantes muestras de arte: Salón de Octubre (Guadalajara, 1997), XXIII Encuentro Nacional de Arte Joven (Aguascalientes, 2003), Grabado del Bicentenario sobre Paseo de la Reforma (Ciudad de México, 2008), exposición *Mexique, peinture contemporaine* (Instituto Cultural de México en París, 2007 y 2010, con mención honorífica), II Bienal Gómez Palacio (Durango, 2010), y III Bienal Villa Gómez Chávez (Colima, 2011). En 2013 presentó *Horizontes fracturados* en la Celda Contemporánea del Claustro de Sor Juana, donde realizó una instalación dedicada a la vida de Sor Juana Inés de la Cruz, y el músico inglés Michael Nyman compuso una pieza para voz y piano basada en el soneto 45 de Sor Juana, para acompañar su pieza *Claroscuro*. En 2016 presentó la muestra *Luz fósil* en la Fundación Sebastián, donde también expuso, en 2017, la obra tamaño mural *Vestigios de sombra*.

ALFREDO CARDONA CHACÓN | xxxxxxxxxx

GILDA CASTILLO | Ciudad de México, 1955

Estudió en La Esmeralda y en el Centro de Investigación y Experimentación Plástica, INBA-SEP. Licenciada en Lengua y Literaturas Hispánicas y maestra en Literatura Iberoamericana por la UNAM. En los años setenta formó parte del grupo de arte alternativo Marcho. Ha expuesto individualmente en Casa del Lago, Galería Juan Marín, Museo Universitario del Chopo, Galería Manolo Rivero, Museo de Arte Carrillo Gil, Centre Culturel du Mexique en París, Galería de la Ópera de El Cairo, Instituto Cultural Cabañas, Real Alcázar de Sevilla, Galería Manuel Felguérez-UAM, Centro Cultural Isidro Fabela-Casa del Risco, Ico cult-Laguna-Torreón; Ico cult-Saltillo, Museo de la Ciudad, Galería Libertad y Museo de Arte de Querétaro, Galería La Mala Leche, Galería del ISSSTE-Buenavista, Casa Universitaria del Libro, y Ex Colegio de Cristo en Aguascalientes. Obtuvo mención honorífica en la II Bienal Nacional José Clemente Orozco. Su obra forma parte de las colecciones del Museo Universitario del Chopo, Instituto de Artes Gráficas de Oaxaca, Museo de Arte Carrillo Gil, Colección Pago en Especie-SHCP, Universidad Autónoma Metropolitana, Banco de México, Museo Nacional de la Estampa y Museo de la Cancillería. Formó parte del Sistema Nacional de Creadores (2006-2013).

ALBERTO CASTRO LEÑERO | Ciudad de México, 1951

Estudió en la Academia de San Carlos-UNAM y en la Accademia delle

Belle Arti en Bologna (Italia). Desde la década de los setenta exhibe regularmente su trabajo, individual y colectivamente, en museos, galerías y espacios culturales, entre otros, Museo de Arte Moderno, Palacio de Bellas Artes, Museo de Ciencias y Artes de la UNAM (Ciudad de México); Museo de Arte e Historia (Guanajuato), Embajada de México (Berlín), Galerie Mont Calm (Montreal), Sede de Americas Society (Nueva York), Space Cardin (París), y Museo de Arte Contemporáneo (Saitama, Japón). Ha participado con obra pública en espacios urbanos como el Metro de la Ciudad de México, donde realizó el conjunto de murales en cerámica Elementos (2006). Su más reciente obra PONER NOMBRE tiene carácter de instalación, en la que a partir de escultura y pabellones tridimensionales plantea una relación con el espacio usando diferentes técnicas, incluyendo pintura y video. En cuanto a la docencia, fue maestro de Experimentación Visual en la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM y actualmente imparte talleres y cursos de pintura, creación plástica y experimentación visual en escuelas de arte y diferentes espacios culturales de México. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte en PONER AÑOS.

FRANCISCO CASTRO LEÑERO | Ciudad de México, 1954

Estudió pintura en la Escuela Nacional de Pintura, Escultura y Grabado La Esmeralda, y un curso de diseño gráfico en Urbino (Italia). Entre otros reconocimientos, obtuvo el Premio de Adquisición del Salón Anual de Pintura (1982), mención honorífica en la Bienal de Pintura Rufino Tamayo (1982), estancia de trabajo en Graz (Fundación Next, Austria, 1997), y beca de producción de litografía en La Esmeralda (1980-1981). Ha participado en numerosas exposiciones colectivas e individuales, entre las que destacan: *Estructura esencial* (Museo de Arte Moderno, Ciudad de México, 1994), *Paisaje en construcción* (revisión de carrera, Museo de Arte Carrillo Gil, 1999), *Serie Hiedra: Recent Paintings* (Díaz Contemporary, Toronto, 2005), *Retículas y desplazamientos* (Galería de Arte Mexicano, Ciudad de México, 2012), *2004-present* (Howard Scott Gallery, Nueva York, 2016), y su muestra más reciente, *Diversos y semejantes* (Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez, Zacatecas, 2017), Como docente, de 1982 a 2014 fue maestro de dibujo en la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM; en 2002 fue invitado a impartir un taller en Lafayette College (Easton, Estados Unidos), y en 2011 fue maestro invitado para la fundación del Taller de Gráfica “La Buena Impresión” (Royal University of Fine Arts, Phnom Penh, Camboya). Desde 1999 es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte.

JOSÉ CASTRO LEÑERO | Ciudad de México, 1953

Realizó estudios de Comunicación Gráfica y Artes Visuales en la ENAP-UNAM y en el Centro de Investigación y Experimentación Plástica del INBA. Desde 1976 ha expuesto de manera individual en numerosas ocasiones en México y el extranjero, las más recientes en 2017: *Ciudad negra* (Aldama Fine Art, Ciudad de México), *Viandante* (gráfica, Circulo Kadrance, París) y *Ciudad Ficción* (Museo de Aguascalientes). Ha participado en muestras colectivas en recintos como el Palacio de Bellas Artes, Palacio de Minería, Museo de Arte Carrillo Gil, Museo de Arte Contemporáneo de Oaxaca, Antiguo Palacio del Arzobispado, Centro Cultural Arte Contemporáneo, Galería López Quiroga,

Galería de la Universidad Autónoma Metropolitana, Museo Amparo de Puebla, Museo José Luis Cuevas, Museo Nacional de la Estampa, Museo de Arte Moderno, Antiguo Palacio de Iturbide y Museo de la Ciudad de México. Su obra ha sido exhibida en Alemania, Argentina, Bélgica, Brasil, Canadá, Colombia, Corea, Cuba, Estados Unidos, España, Francia, Inglaterra, Italia, Japón, Portugal, Puerto Rico, República Checa y Suiza. Ha recibido, entre otros reconocimientos, el primer premio de Grabado en el XI Concurso Nacional de Estudiantes de Artes Plásticas; primer premio de Pintura en la VI y VIII Bial de Pintura Rufino Tamayo, y tercer premio en la Segunda Bial de Cerámica Artística Contemporánea. En 1997 ingresó al Sistema Nacional de Creadores de Arte.

RAFAEL CAUDURO | Ciudad de México, 1950
Realizó estudios de Diseño Industrial en la Universidad Iberoamericana y se dedicó a las artes plásticas. Su primera exposición fue en 1976 en la Casa del Lago (Ciudad de México). En 1984 se presentó por primera vez en el Museo del Palacio de Bellas Artes, dentro del marco de la Exposición Mundial Vancouver; en 1991 expuso en el Museo de Arte Moderno (Ciudad de México), y simultáneamente en Nueva York con Alex Rosemberg, y en Los Ángeles, en la galería de Louise Newman y en la galería Tasende. En 1996 expuso en la Sala Nacional del Museo del Palacio de Bellas Artes. En 1986 realizó el mural *Comunicaciones*; en 1990, los murales *Escenarios subterráneos*; en 2009, los murales de la Suprema Corte de Justicia de México y, en 2014, los murales del Edificio Cauduro (Ciudad de México).

GUILLERMO CENICEROS | Pueblo Nuevo, Durango, 1939
Estudió en la Escuela de Artes Plásticas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. En 1962 fue invitado por el maestro Federico Cantú para colaborar en el mural relieve en el acantilado Los Altares, y ganó el concurso para realizar el mural *Alegoría de la educación* (Biblioteca Municipal de Monterrey). Un año después, expuso obra pictórica con Esther González, a propósito de su enlace matrimonial. En la Ciudad de México se incorporó al equipo de Luis Covarrubias en el Museo Nacional de Antropología e Historia con el maestro David Alfaro Siqueiros, y trabajó simultáneamente en varios murales, entre ellos el del Poliforum. En 1969 obtuvo el Primer Premio Nacional en el concurso convocado por la SEP y Concanaco. Ha expuesto en diversas ocasiones en América y Europa, y ha realizado numerosos murales, todos de temática y dimensiones diversas, para instituciones como el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México; la Facultad de Química de la UANL; el Banco de Comercio Exterior, Cintermex Monterrey; y el Instituto Nacional de Neurología, entre muchos otros. Su trabajo ha sido reconocido en su estado natal con la creación de la Casa del Cultura Guillermo Ceniceros y el Museo Guillermo Ceniceros, dotado de obra representativa y con una importante actividad de difusión y fomento a la cultura.

EMILIO CHAPELA | xxxxxxxxxx

VIRGINIA CHÉVEZ | xxxxxxxxxx

OLGA CHORRO | Ciudad de México, 1967

Inició sus estudios de arte en la ENPEG “La Esmeralda”, y luego obtuvo la distinción de artista invitada en la Escuela de Artes Aplicadas de Viena. En 1996 recibió una beca de residencia artística otorgada por el gobierno de Austria. Ha sido seleccionada para participar en distintos proyectos internacionales: Bial de Dibujo Diego Rivera (1997), Bial de Miniatura Salle Agustine Chernier en Quebec, Canadá (2000), y *Arte contra el feminicidio*, proyecto de Tamsyn Challenger presentado en Shoreditch Town Hall, en Londres (2010). En Estados Unidos fue seleccionada para participar en la exposición colectiva *Out of the gray* en Manifest Gallery (2012) y en las exposiciones del International Drawing Annual (2011) y del Koehonline Museum of Art en Des Plaines, Illinois (2017). Ha expuesto individualmente en museos y galerías de México y el extranjero, entre ellos, *Viajeros y errantes* en el Museo de Arte de la SHCP/Antiguo Palacio del Arzobispado; *De sphaera mundi*, en el Ex Convento del Desierto de los Leones, ambas en la Ciudad de México; y *Formol*, en el Museo de la Ciudad de Querétaro. Ha participado en numerosas muestras colectivas en México y el extranjero.

TERESA CITO | Bengasi, Libia, 1939
Estudió pintura en el Instituto Statale D’Arte de Florencia, y en la ENPEG “La Esmeralda” y en la Academia de San Carlos, en México, donde llegó en 1966. Ha expuesto de manera individual en importantes museos y galerías, entre ellos, Circolo Filologico Milanese (Italia), Centre Culturel du Mexique (París, Francia), Galería La Soffitta (Florencia, Italia), Centro Cultural de Atenas (Grecia), Hudson Museum (Estados Unidos), Maison de la Culture Notre-Dame-de-Grâce (Canadá), Biblioteca Magna Universitaria (Monterrey), y Museo de Arte Moderno y Museo Universitario del Chopo (Ciudad de México). Ha participado en numerosas exposiciones colectivas en México, Estados Unidos, Europa y Asia, entre ellas, la Bial de Venecia 2011 (junto a Luciano Spanó); la Bial de Monterrey 1997; el Salón Nacional de Artes Plásticas del INBA (1980 y 1981), la 1ª Bial Iberoamericana en el Museo Carrillo Gil (1980) y *New Directions: Mexican Women Artists* (Washington D.C., 2011). Ha recibido distinciones como el “Premio Italia nel Mondo all’i illustre artista Teresa Cito” (2007), y mención honorífica en el concurso Grupo Cetto (2003). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2009-2012 y 2013-2016). Su obra pertenece a importantes colecciones mexicanas, como las de Banco de México y la del Museo de Arte Moderno y Patronato Universitario UNAM, entre otras. Ha realizado portadas e ilustraciones para distintos libros y revistas; en 2015, la UAM Cuajimalpa y el Museo de Arte Moderno publicaron el libro *Cuadernos de tiempos y lugares*, sobre sus diarios de dibujo.

MANOLO COCHO | Ciudad de México, 1968
Es artista visual egresado de la Escuela Nacional de Artes Plásticas-UNAM. Ha participado en diversas exposiciones colectivas e individuales en museos y galerías de México y del extranjero, en países como Italia, Inglaterra, Francia, Polonia, España, Eslovenia, Croacia, Austria, Suiza, Estados Unidos, Sudáfrica y otros. En México, su obra forma parte de distintas colecciones privadas y públicas, entre las que destacan las del Museo de Arte Contemporáneo Alfredo Zalce (Michoacán), el Museo de Arte Contemporáneo de Monterrey

(MARCO) (Nuevo León), el Museo de Arte de la SHCP/Palacio del Arzobispado (Ciudad de México), el Museo Universum y el Museo de la Luz en la UNAM, entre otras. Ha obtenido importantes reconocimientos y apoyos para la realización de proyectos artísticos, como las becas de Jóvenes Creadores del FONCA (1994), FECA de San Luis Potosí (2011) y Sistema Nacional de Creadores (2013); así como el programa de residencias artísticas del British Council (2012). Actualmente alterna su residencia entre la comunidad de Potrero en San Luis Potosí, Huitzilac en Morelos, la Ciudad de México y Trieste, Italia. Se desarrolla como artista paralelamente en México, Italia, Suiza y Austria.

ARNALDO COEN | xxxxxxxxxx

ARMANDO CONTRERAS | xxxxxxxxxx

JAVIER CORTEZ | xxxxxxxxxx

ALBERTO DARSZON | xxxxxxxxxx

HÉCTOR DE ANDA | San Juan de los Lagos, Jalisco, 1950
Artista visual autodidacta. Su obra ha sido expuesta de manera individual en espacios públicos y privados de México y el extranjero, como la Galería de Arte Contemporáneo de Xalapa (Veracruz), The National Gallery (Bial Internacional de Arte de Bangkok, Tailandia), Museo de la Ciudad de Querétaro, Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez (Zacatecas), Museo Fernando García Ponce-Macay (Mérida), Galería DEA (Florencia, Italia), e Instituto Cervantes (Hamburgo); además, en la Ciudad de México, en el Museo de Arte Carrillo Gil, el Centro Cultural Eje, la Galería Maresa Arévalo, el Museo Universitario del Chopo, el Museo El Eco, el Museo de Arte de la SHCP/Antiguo Palacio del Arzobispado y la Galería Penanins, donde expuso su obra en varias ocasiones desde la década de los noventa. En 2012 realizó el mural *Diálogos* (Plaza Fundadores, Festival de la Ciudad de Aguascalientes). De manera colectiva ha participado en muestras en América, Europa y Asia, entre ellas, la instalación *Hidrante* (Museo de Arte Contemporáneo Inside Outside, Beijing, China, 2012). Obra suya ha sido seleccionado en importantes eventos de arte como II Bial de Arte Museo de Monterrey, II Bial Nacional de Pintura Pascual, II Bial de Arte de Occidente Alfonso Michel, Colima; VI Bial Nacional de Artes Visuales de Yucatán; II Bial de Pintura del Instituto Nacional de Nutrición Dr. Zubirán II Bial de Arte en Vidrio en el Museo del Vidrio de Monterrey y V Bial de Arte de Beijing, China. Su obra forma parte de las colecciones del Museo de Monterrey-FEMSA, Museo de Arte de la SHCP/Antiguo Palacio del Arzobispado, Museo de Arte Fernando García Ponce-Macay, Museo de Arte Contemporáneo de Cartagena, Museo de Arte de Aguascalientes MAC8 y Universidad de Valencia, entre otras. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2012-2014).

LILIANA DUERING | Buenos Aires, Argentina, FALTA AÑO
Estudió artes plásticas y escenografía en Buenos Aires y ha asistido a diferentes talleres de pintura tanto en Argentina como en México, donde reside desde 1983. Ha participado en múltiples exposiciones

colectivas e individuales en el país y el extranjero, en espacios como la Galería de la Asociación Estímulo de Bellas Artes y la Alianza Francesa (Buenos Aires); la Galería “A” Negra, el Centro Cultural Santo Domingo, el Ex Convento de Santa Teresa, el Museo Universitario del Chopo, el Museo Nacional de la Estampa y la Galería Óscar Román (Ciudad de México); la galería Namur (Bruselas), el Museo del Pueblo y el Museo de la Ciudad de León (Guanajuato), el Museo de Arte Contemporáneo de Mérida (Yucatán), la Galería de la Universidad Veracruzana y la Pinacoteca Diego Rivera (Xalapa, Veracruz), la galería La Pérgola (San Miguel de Allende, Guanajuato), y el Instituto Cultural de México (San Antonio, Texas, Estados Unidos). Su obra ha sido seleccionada en la IX Bial Iberoamericana de Arte, Dibujo y Estampa Latinoamericana, la II Bial Pascual de Pintura en México y el Cherry Creek Arts Festival (Denver, Colorado). Ha trabajado también en la realización de escenografía y vestuario para teatro.

ALEJANDRO ESCUER | Ciudad de México, 1963
Estudió en el Conservatorio Nacional de Música, en la Universidad de Amsterdam y en la Universidad de Nueva York (doctorado). Ha realizado estancias posdoctorales en las universidades de Columbia e Indiana para proyectos multidisciplinarios diversos. Se ha dedicado especialmente a la música, además de la pintura, la fotografía, el diseño y la combinatoria escénica entre la música y las artes plásticas en general. Es creador de Onix Ensamble, así como de varios proyectos interdisciplinarios: Lumínico, ATL Testimonio Líquido de un Viaje Imaginario, Refracciones, entre otros, y ha realizado colaboraciones con artistas de culturas y tradiciones diversas y de otras disciplinas (videoarte, fotografía, poesía, etc.). Como flautista concertista y con sus proyectos multidisciplinarios se ha presentado en más de treinta países de los cinco continentes, dando más de cuarenta conciertos al año. Entre los reconocimientos que ha recibido destacan las becas Rockefeller Foundation y Fulbright García Robles para estancia postdoctoral. Ha impartido clases maestras en importantes universidades de Estados Unidos, y actualmente es profesor titular de la UNAM. Desde 2017 es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (SNCA).

DEMIÁN FLORES | Juchitán de Zaragoza, Oaxaca, 1971
Su obra multidisciplinaria se ha exhibido individualmente en importantes museos, galerías e instituciones de América y Europa, ha sido seleccionada en ferias, bienales y exhibiciones colectivas en Estados Unidos, Cuba, Portugal, Colombia, Francia, Italia, Austria y Emiratos Árabes Unidos, y forma parte de importantes colecciones: British Museum, Chelsea College of Arts y Essex Collection of Art from Latin America (Reino Unido); Museum of Latin American Art y usc Fisher Museum of Art (Estados Unidos); Hangar 7 (Austria); Fundación Goya Fuendetodos y Universidad Politécnica de Valencia (España); Museo de Arte Contemporáneo de la UNAM, Museo de Arte Carrillo Gil, Museo Nacional de la Estampa, Museo del Arzobispado, Museo de Arte Contemporáneo de Oaxaca e Instituto de Artes Gráficas de Oaxaca (México). Ha recibido numerosas distinciones, entre ellas, Premio Proyecto de Inversión en la Producción de Pintura Nacional (2012), Premio del XX Encuentro Nacional de Arte Joven (2000), Premio de la 1ª Bial Nacional de Estampa Rufino Tamayo (2000),

Premio del 2º Concurso Nacional de Grabado José Guadalupe Posada (1994) y Premio Único del Concurso Latinoamericano de Grabado “La Joven Estampa” (1997). Ha sido beneficiario de diversas becas y residencias artísticas: Proyecto Bi de Fundación BBVA Bancomer (2017); Pollock Krasner Foundation (2006); residencia en London Print Studio (2004) con apoyo de Visiting Arts, Arts Council y la Universidad de Essex; residencia en Vermont Studio Center (2004) con la beca de Fundación Mex/Am; residencia en la Cité Internationale des Arts (2002) con apoyo de los gobiernos de Francia y México; y Sistema Nacional de Creadores del FONCA (2010 y 2013). Es fundador y codirector de La Curtiduría Centro de Artes Visuales A.C. en la ciudad de Oaxaca.

JOSÉ FRANCO | xxxxxxxxxx

PEDRO FRIEDEBERG | Florencia, Italia, 1936
Artista visual, dibujante, pintor, escultor, diseñador de mobiliario, textil e industrial. Hizo estudios de Arquitectura en la Universidad Iberoamericana, los cuales abandonó para dedicarse plenamente a la producción artística por consejo de su maestro Mathias Goeritz. Su primera exposición fue en 1959, en la Galería Diana, gracias al apoyo de la artista Remedios Varo. Es el creador de la *Mano de Akhenatón*, conocida mejor como Mano-silla, que le dio fama internacional. Ha tenido más de ochenta exposiciones individuales, ha participado en cientos de muestras colectivas y proyectos, y fue reconocido con la medalla Bellas Artes en 2012. Recientemente intervino en Miami un edificio diseñado por Rem Koolhaas e inauguró una fuente monumental en Jardines de México (Morelos). Es el traductor visual de *El elogio de la locura* del autor renacentista flamenco Erasmo de Rotterdam (editorial Mirlo, colección Arte y Letras). También ha publicado los libros *La casa irracional* y *Original múltiple*. En 2017 fue incluido en la exposición *Hello World*, llevada a cabo en el Hamburger Bahnhof (Berlín, Alemania), y participa en la *Glass 3 2019* en el marco de la Bienal de Venecia 2019.

LUIS GAL | Ciudad de México, 1957
Ha expuesto en espacios como Museo de Arte Moderno, Palacio de Bellas Artes, Alianza Francesa, Museo de Historia Natural, Galería de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y Galería de la Luna (México); Galerie Feuillantine (París); Galerie Lyeuxcommuns y Galerie Colibri (donde presentó su trabajo este año) (Tours, Francia); y Ruiz Healy Art Gallery (San Antonio, Texas), entre otros. En 1989 participó en la acción “Toma del Edificio Balmori”, realizada por artistas en la Ciudad de México. En 2003 hizo una estancia en el delta del río Orinoco, como becario del programa de intercambio de residencias artísticas México-Venezuela Conaculta–FONCA–CONAC. Su obra ha sido seleccionada en eventos de arte como la Bienal de Grabado (IAGO, Oaxaca, 2000) y la Bienal de Dibujo Silvia Pawwa (Instituto Cultural México-Israel, 2007), y forma parte de las colecciones de la Maison de Culture de La Rochelle (Francia), de la Artizen Fine Arts Gallery (Dallas), de la Universidad de Texas y del Departamento de Estado de Estados Unidos.

CLAUDIA GALLEGOS | Ciudad de México, 1967

Su obra ha sido exhibida en museos y galerías públicas y privadas en México y el extranjero. Ha recibido diversos apoyos y distinciones, entre ellas, las becas del programa Jóvenes Creadores (1992-1993, 1998-1999), el Sistema Nacional de Creadores (2010- FALTAN AÑOS), y el estímulo “Artes por todas partes” (Secretaría de Cultura de la Ciudad de México, 2002). Ha realizado residencias de producción en el extranjero otorgadas por el Banff Center for the Arts (Canadá, 2004), la Universidad de Colorado (Boulder, Estados Unidos, 2003-2004), y el Xu Yuan Printing Center (Beijing, China, 2014). En 2016 obtuvo un premio de Adquisición en la V Bial de Pintura Pedro Coronel. En 2012 fue publicado *Ser de agua*, un libro sobre su pintura reciente (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes). Ha colaborado ilustrando revistas, novelas, libros de cuento y de educación media superior. Su obra forma parte de colecciones públicas y privadas en México y el extranjero, y ha sido reproducida en numerosos libros y catálogos. Es docente en la Facultad de Artes y Diseño de la UNAM, donde cursó la licenciatura en Artes Visuales.

VANESSA GARCÍA LEMBO | Ciudad de México, 1969
Estudió pintura y dibujo en el Atelier Röhrig y en el Atelier Pulley-Buys (Hamburgo, Alemania), y de 1995 a 2000, la licenciatura en Artes Plásticas y Visuales en la ENPEG La Esmeralda. Obtuvo la beca de residencia “Informal Architecture” (Banff, Canadá, 2004). Su obra se ha expuesto en México, Canadá, Francia, Indonesia y China. Ha realizado obra *in situ* en Tijuana, la isla de Gölyazy (Turquía) y en Banff (Canadá). Su trabajo ha sido tema de varios programas televisivos: *En el fondo somos así* (Canal 22/FONCA), FALTA NOMBRE DE ESTE PROGRAMA (TV UNAM/FONCA) y *Naturaleza quieta* (TV UNAM/MUCA Roma). Ha sido beneficiaria del Sistema Nacional de Creadores (PONER AÑOS).

JUAN MANUEL GARCÍA RUIZ | xxxxxxxxxx

MANUELA GENERALI | Lugano, Suiza, 1948
Estudió arte en la Wimbledon School of Arts (Londres) y en la Escuela Nacional de Artes Plásticas en la Ciudad de México, donde reside desde 1978. Ha realizado más de veinte exposiciones individuales en espacios como Bodega Quetzalli (Oaxaca); Museo de Monterrey, Galería Drexel y Galería Emma Molina (Monterrey); Museo de Arte de Querétaro; Galeria Landucci, Galería de Arte Latinoamericano, Casa de las Brujas, Museo de Arte Moderno y Museo de Arte Carrillo Gil (Ciudad de México); Naomi Silva Gallery (Atlanta, Georgia) y Vorpall Gallery (Nueva York) y Museo de Arte Contemporáneo Alfredo Zalce (Morelia), entre otros. Ha participado en numerosas muestras colectivas en México y el extranjero, y su obra ha sido seleccionada en varias ediciones de eventos como Bienal Monterrey FEMSA, Bienal de Pintura Rufino Tamayo, Salón de Arte Bancomer, Bienal de Pintura Nestlé y Salón Nacional de Artes Plásticas, entre otros. Ha recibido el Premio de Adquisición del Salón Nacional de Pintura (1983 y 1989), mención a la participación mexicana en la 3ª Bienal de Pintura de Cuenca (Ecuador, 1991), Mención Especial en la Bienal de Monterrey (1996), Mención en el Salón de Octubre del Gran Premio Omniflife (2001) y Mención honorífica en la 11 Bienal de Pintura Rufino Tamayo (2002). Su obra forma parte de las

colecciones del Museo de Arte Moderno, Instituto Nacional de las Bellas Artes, Museo de Monterrey/FEMSA, Fundación BBVA Bancomer, Banco de Santander, Banco de México; Banca dello Stato y Banca Unione di Credito (Lugano, Suiza), y Banque du Gothard (Monaco). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte en varias ediciones.

EMILIANO GIRONELLA | xxxxxxxxxx

TOMÁS GÓMEZ ROBLEDO | xxxxxxxxxx

ELENA GÓMEZ TOUSSAINT | Ciudad de México, 1964
Estudió pintura y dibujo en la Escuela de Pintura, Escultura y Grabado “La Esmeralda”, y en L'Ecole Nationale Supérieure des Beaux Arts (París, Francia). Ha participado en diversos talleres con Betsabé Romero, Alfonso Mena Pacheco, Gabriel Macotella, Carla Rippey, Magali Lara y Roberto Turnbull. Su trabajo ha sido exhibido de manera individual y colectiva en diversas exposiciones de pintura y grabado en México, Francia, Bélgica, Suiza, Irlanda y Reino Unido. Obra suya ha sido seleccionada en la Bienal Diego Rivera (1994), la Bienal de Grabado José Guadalupe Posada (1995), la Bienal Monterrey Femsa (2001) y la Bienal Nacional Alfredo Zalce (2011).

JOSÉ GONZÁLEZ VEITES | Ciudad de México, 1957
Estudió en la Escuela Nacional de Artes Plásticas/Academia de San Carlos (Ciudad de México), y posteriormente viajó a Europa, donde residió e hizo una estancia en el taller de Emilio Vedova (Venecia, Italia, 1981-1983). Ha expuesto de manera individual, principalmente, en la Galería de Arte Mexicano, así como en galerías de Estados Unidos y Europa; ha participado en más de cien exposiciones colectivas dentro y fuera de México. Su obra forma parte de colecciones privadas y de diversos museos, entre los que se cuentan el Metropolitan Museum (Nueva York), el Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez (Zacatecas), y las colecciones de César Gaviria (Washington D.C., Estados Unidos), Jephann de Villiers (Charleroi, Bélgica), y la Fundación Espinoza Rugarcía (Ciudad de México). Ha sido parte del Sistema Nacional de Creadores en cinco emisiones (PONER AÑOS).

PILAR GOUTAS | xxxxxxxxxx

ILSE GRADWOHL | Gleisdorf, Austria, 1943
Obtuvo el título de profesora de Educación Media en Austria, con la especialidad en educación física, arte e inglés. Se estableció en México en 1973, donde estudió la carrera de Artes Visuales en la ENPEG “La Esmeralda” y en la ENAP-UNAM. Ha realizado diversos viajes de estudio en países como Etiopía, Kenia y Sudáfrica, donde llevó a cabo una muestra de su trabajo en 1997 e impartió talleres de dibujo y pintura. Entre sus exposiciones individuales destacan: *Pintura reciente* (Galería DIDA, Graz, Austria); en la Ciudad de México, *Mnesis* (Museo de Arte Moderno), *Fluctuaciones* (Galería López Quiroga) y *Cuadros africanos* (Universidad Autónoma Metropolitana); *Espejismos* y *Shifting Landscapes* (Drexel Galería de Monterrey); *Pintura. Ilse Gradwohl* (Museo de Arte Contemporáneo de Mérida, Yucatán);

Marea (Díaz Contemporary, Toronto), y *Remembranzas* (Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez, Zacatecas). Ha participado en múltiples exposiciones colectivas en espacios como el Museo de Arte Moderno, Galería Metropolitana, Casa del Virrey de Mendoza, Museo Universitario del Chopo y Galería López Quiroga, en la Ciudad de México; Museo de Arte de Tlaxcala y Centro de las Artes de San Agustín Etla, Oaxaca, entre otros.

ANTONIO GRITÓN | Ciudad de México, 1953
Su producción artística es extensa en cuanto a temática y experimentación en distintos medios y técnicas: pintura, escultura, instalación, *performance*, video y arte público. Su trabajo ha merecido, entre otros, reconocimientos, menciones honoríficas en la Bienal de Monterrey I y VI, la selección de su trabajo en instalación para PhotoEspaña 2006 y el Premio en Pintura en la VII Bienal Nacional de Artes Visuales Yucatán 2015. Su obra forma parte de importantes colecciones como las del Museo Carrillo Gil, el Museo de Arte Moderno y las colecciones FEMSA, Gabriel Herrera, Mary Ann Green, Julio Derbez del Pino y Florencia Riestra, entre otras. Su escultura de gran formato *Xóchitl* se encuentra emplazada en la glorieta de Avenida Santa Fe y Luis Barragán (Ciudad de México). En cuanto a su activismo artístico, ha gestionado distintos eventos junto con artistas, profesionistas y asociaciones civiles, entre ellos, la fundación de la revista *Réplica21* (2002), la toma de Reforma (2004), la constitución del Museo Público de Arte Contemporáneo de Tlalpan (2005), los Seminarios y Parlamentos Alternos I y II (2005-2006) en materia de cultura, y su participación directa con expresiones artísticas en movimientos político-sociales como el de la CNTE (2014) y las relacionadas con los 43 estudiantes desaparecidos de Ayotzinapa (2014-2015). Ha publicado varios textos críticos en distintos medios, y libros de texto de artes visuales para alumnos de secundaria. Como gestor, dirigió la Casa de Cultura San Rafael (2016-2017). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2003, 2012 y 2016).

VÍCTOR GUADALAJARA | Ciudad de México, 1965
Licenciado en Diseño Gráfico por el Instituto Nacional de Bellas Artes, a la fecha ha realizado veintisiete exposiciones individuales de pintura, escultura y grabado en México y el extranjero, en espacios como el Museo de Arte Carrillo Gil, el Museo de Arte Moderno y la Galería Etrha (Ciudad de México); el Consulado General de México en Chicago; y la Galería Sculpture Square Limited (Singapur), entre otros. Ha participado en diversos salones de pintura y bienales, y en más de ochenta exposiciones colectivas en México, Estados Unidos, Argentina, Alemania, Suiza, Canadá, Japón y Singapur. Ha sido becario del programa Jóvenes Creadores del FONCA (1993 y 1998) y miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2007, 2011 y 2016); recibió mención honorífica en la X Bienal de Pintura Rufino Tamayo. Desde el año 2000 es integrante del Sistema de Pago en Especie de la SHCP. Su trabajo forma parte de reconocidas colecciones nacionales e internacionales, así como del acervo de museos y centros culturales. <victorguadalajara.com>

JAVIER GUADARRAMA | Iguala, Guerrero, 1960

Estudió dibujo y pintura en el Instituto Regional de Bellas Artes en Morelos, y la licenciatura en Artes Visuales en la Escuela Nacional de Artes Plásticas, UNAM, donde inició su actividad académica en 1990, en el Taller de Producción e Investigación Gráfica “Carlos Olachea”. En 1991 ingresó a la planta docente, y de 1993 a la fecha imparte allí un taller de pintura. Ha realizado veinticinco exposiciones individuales y participado en más de ochenta colectivas en México y el extranjero. Ha sido becario del Fondo Nacional para la Cultura y las Artes en la categoría de Jóvenes Creadores (1993-1994 y 1995-1996) y del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2011----AÑO); realizó una residencia de producción como artista invitado en la Universidad de Colorado (Boulder, Estados Unidos, 2003-2004). Ha recibido cuatro menciones honoríficas en el área de Estampa y dos en el área de Pintura, así como tres Premios de Adquisición en Pintura. ESPECIFICAR EN QUÉ BIENALES SON LAS MENCIONES Y LOS PREMIOS. Ha colaborado en la ilustración de libros y portadas. En 2013 se publicaron los libros sobre su obra *Una cierta mirada al mar* y *Obra y testimonio* (Dirección General de Publicaciones del Conaculta y la Escuela Nacional de Artes Plásticas-UNAM, respectivamente).

ISMAEL GUARDADO | Ojocaliente, Zacatecas, 1942
En 1962 ingresó a la Academia de San Carlos de la UNAM, donde se formó con maestros como Francisco Moreno Capdevilla, Santos Balmore, Ignacio Azúnzulo, Luis Nishizawa, Antonio Rodríguez, Fernando Castro Pacheco, Héctor Cruz, Roberto Garibay, Elisa Vargas Lugo y Adrián Villagómez. Posteriormente, realizó investigaciones libres sobre técnicas de impresión durante una estancia en París (1971-1973); luego se estableció en Tokio (Japón), como aprendiz-asistente en el taller de gráfica del maestro Kiyokazu Yamazaki (1973-1974), invitado por la Japan Art Festival Association. Ha dedicado gran parte de su tiempo a la enseñanza y a la formación: invitado por el promotor cultural y poeta Víctor Sandoval, formó talleres libres de grabado y pintura en Aguascalientes y Zacatecas (1967-1970). Trabaja diversas disciplinas: pintura, dibujo, estampa, escultura, fresco, cerámica, ensambles, diseño textil y vitral, instalación, multimedia y murales con diversos materiales. OJO: PEDIR ALGUNOS DATOS: EXPOSICIONES, ESPACIOS DONDE HA EXPUESTO, COLECCIONES...

GABRIEL GUERRERO | Ciudad de México, 1974
En 1993 inició sus estudios de dibujo y pintura de manera autodidacta. Participó en su primera exposición colectiva en 1995 y en el año 2000 realizó su primera exposición individual en la Galería Zaloren; en este mismo año ingresó al taller de cerámica de la Escuela de Artesanías del INBA, y en 2005 recibió mención honorífica en la Segunda Bienal de Cerámica Utilitaria del Museo Franz Mayer. Ha participado en numerosas exposiciones colectivas en galerías y espacios culturales como Galería Óscar Román, Galería Múltiple Arte Contemporáneo, XVII edición del Festival del Centro Histórico de la Ciudad de México, Ex Teresa Arte Actual, Museo Universitario del Chopo, Centro Cultural Iztacala, Museo de Historia Natural de Tamaulipas, y el Museo de Arte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Obra suya ha sido seleccionada en ferias de arte nacionales

e internacionales y forma parte de colecciones públicas y privadas de México, Europa, China y Estados Unidos. Ha expuesto de manera individual en diversas ocasiones, y realizó su más reciente muestra en el Museo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público/Antiguo Palacio del Arzobispado.

CARLOS GUTIÉRREZ ANGULO | Estado de México, 1955
Realizó estudios en la Escuela Nacional de Artes Plásticas en 1981 y en la Escuela Nacional de Pintura, Escultura y Grabado “La Esmeralda” de 1982 a 1987. Hasta la fecha ha montado más de treinta exposiciones individuales en México y el extranjero, entre las cuales están *Cenizas* (Museo de la снср/Antiguo Palacio del Arzobispado, 2009); *Nómada* (Galería Metropolitana, 2001), y la muestra *Fuera de mi piel y jalón de orejas* (Fundación de Arte del Mediterráneo, Almería, España, 1998). Ha recibido, entre otras distinciones, el Premio de Adquisición en la Bienal Nacional de Pintura (1992) y el Premio de Adquisición de la XII Bienal Rufino Tamayo (2004). En 1996 se construyó, con su propuesta pictórica, el mural exterior escalable de la Inter Gallery Art Center (Seúl, Corea). Ha sido parte del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2009-2015).

ADRIÁN GUTIÉRREZ LOMELÍN | Ciudad de México, 1973
Estudió Diseño Gráfico y posteriormente se dedicó a las artes. Su obra ha participado en diversas exposiciones individuales y colectivas en México, Estados Unidos y Europa, así como en eventos de arte como la Bienal Rufino Tamayo y la Bienal Monterrey FEMSA (México); la Bienal Internacional de Arte Contemporáneo (Floren- cia), la Feria de Arte de Bologna y la Feria de Arte “Artisti a Torino” (Italia); así como en ferias de arte en Nueva York y Miami.

GABRIELA GUTIÉRREZ OVALLE | Ciudad de México, 1961
Además de la pintura, ha incursionado en la instalación y la escultura. Ha realizado exposiciones individuales en el Antiguo Colegio de San Ildefonso, Galería Le Laboratoire, Centro Nacional de Las Artes, Museo Experimental el Eco, Museo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Antiguo Palacio del Arzobispado, Galería Landucci, Museo de la Ciudad de México y Museo Universitario del Chopo (Ciudad de México); Museo de la Ciudad de Querétaro; Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez (Zacatecas); Galería Proceso (Cuenca, Ecuador); Instituto de México (Madrid, España) y Escuela de Arte y Superior de Diseño (Mérida, España), entre otras. Ha participado en numerosas exposiciones colectivas en espacios como Galería Le Laboratoire, Galería Nina Menocal, MUAC, Museo Mural Diego Rivera, Museo de Arte Carrillo Gil y Museo de Arte Moderno (Ciudad de México); Instituto Cabañas (Guadalajara); Bienal FEMSA de Monterrey, y Maison de l’Amérique Latine (París); y en ferias de arte como SCOPE Miami Beach y Zona Maco, con la Galería Le Laboratoire. Ha sido becaria del FONCA Jóvenes Creadores (1992-1993), y es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2005-2008; 2010-2013; 2014-2016, 2018-2020). Su obra forma parte de diversas colecciones, entre otras, Museo de Arte Moderno, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Museo de la Ciudad de Querétaro, Museo de Arte contemporáneo Musas y Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez.

ÓSCAR GUTMAN | Ciudad de México, XXXXXX
Su formación académica incluye la literatura y las artes plásticas; ha incursionado en otras disciplinas artísticas como la música, el teatro, el video y el diseño. En el campo de las artes plásticas ha trabajado escultura, cerámica, vitrales, arte utilitario y gráfica. Expuso por primera vez de forma individual a los 18 años de edad, y a partir de una experiencia como cantante en televisión, su evolución siempre tuvo ese carácter polifacético en el que una disciplina —en este caso las artes plásticas— involucra y contenía las otras áreas creativas. Ha sido docente y editor, y ha expuesto su trabajo en un extenso número de ciudades NOMBRAR LAS CIUDADES, GALERÍAS, ETC. Su obra forma parte de varias colecciones públicas y privadas dentro y fuera de México NOMBRAR ALGUNAS COLECCIONES. Ha vivido y trabajado en diversos países NOMBRAR PAÍSES.

ARIEL GUZIK | Ciudad de México, 1960
Desde 1974 ha realizado estudios, de manera autodidacta, en teoría electromagnética, ingeniería electrónica, física, artes plásticas y música. Es fundador del Laboratorio de Investigación en Resonancia y Expresión de la Naturaleza. Actualmente sus líneas de trabajo son la búsqueda de comunicación con cetáceos y otros seres vivos, la exploración de las señales vitales de las plantas en el contexto del arte y el estudio del agua y la tierra como hilos conductores de la vida. Entre sus exhibiciones nacionales e internacionales, destaca su participación en la 55 Bienal de Venecia, el Edinburgh Art Festival, el International Symposium on Electronic Art y el стм Festival 2017/ Kunstraum Kreuzberg Bethanien (Alemania); la Feria ARCO (Madrid); la Apijay Media Gallery (Nueva Delhi); la Bienal de Arte de la Habana; la Iglesia de St. Mark (Nueva York) y la Arizona State University. En México, ha expuesto obra en el Museo de Arte Moderno, el Laboratorio Arte Alameda, el Museo de Historia Natural, el Museo Universitario de Arte Contemporáneo, el Museo Carrillo Gil, el Antiguo Colegio de San Ildefonso, el Museo Nacional de Arte y el Centro Multimedia del Centro Nacional de Las Artes, entre otros.

RAÚL HERRERA | xxxxxxxxxxxx

JAVIER HINOJOSA | xxxxxxxxxxxx

CARLOS JAURENA | Ciudad de México, 1964
Como artista visual, inició su carrera profesional en 1989, en el Salón de los Aztecas. Ha presentado cerca de veinte exposiciones individuales y ha participado en más de cien muestras colectivas. Fue miembro del grupo de arte experimental Sindicato del Terror, y participó en veinte acciones como parte del colectivo. Como artista solista ha realizado cuarenta performances. Fue becario del programa Jóvenes Creadores del Fondo Nacional para la Cultura y las Artes en la disciplina de Medios Alternativos en dos ocasiones (PONER AÑOS), y obtuvo mención honorífica en la V Bienal Nacional de Artes Visuales de Yucatán. Como promotor cultural ha realizado cerca de treinta curadurías en diferentes espacios de México y el extranjero. Fundó y dirigió las carpetas de gráfica *Pelos de cola* y *M’hija*. Fue director fundador de las galerías de autor El Ghetto y El Depar-

tamento. Dirigió la Galería José María Velasco (2000-2004) y el museo Ex Teresa Arte Actual (2005-2013), ambos espacios del Instituto Nacional de Bellas Artes.

JAZZAMOART | Irapuato, Guanajuato, 1961
Ha obtenido distintos reconocimientos, entre ellos, el Gran Premio en la I Bienal Iberoamericana de Miami (1986), el Premio de Adquisición del Salón Nacional de Artes Plásticas Sección Pintura del INBA (1987), el Premio del Bicentenario de la Revolución Francesa (Alianza Francesa, 1989), el Premio del VI Festival del Centro Histórico (1990), el Primer Premio de Pintura, Sección Arte Moderno, en el International Art Contest (Australia, 2005), el primer premio en el concurso de Artelista (Barcelona, 2006), y el premio del International Art Call para el Festival de Jazz de Guelph (Canadá, 2007). Obra suya ha sido ha sido seleccionada en muestras como la Trienal de Osaka, la Tour de la Bourse (Montreal) y el Premio Internacional de Dibujo Joan Miró (Barcelona), entre otras, y ha sido expuesta en espacios como Museo Reina Sofía (Madrid); Bronx Museum of Art (Nueva York); Phoenix Museum of Art (Arizona); Museo del Palacio Bellas Artes y Museo de Arte Moderno(Ciudad México); Hyogo Prefectural Museum (Japón), Museo Kereva (Finlandia), Museo MARCO (Monterrey), Museo Do Brinqueido (Portugal), Museum of Latin American Art (California), entre muchos más. Ha realizado escenografías e improvisaciones visuales para los principales exponentes del jazz internacional, como B.B. King, Ray Charles o Diana Krall. Ha sido parte del Sistema Nacional de Creadores de Arte en XXXXXX PONER AÑOS.

SAÚL KAMINER | Ciudad de México, 1952
Arquitecto por la UNAM, en 1976 se instaló por veintidós años en París, donde hizo estudios de doctorado en el Instituto de Urbanismo y en 1982 cofundó el grupo Magia-Imagen, integrado por ocho artistas latinoamericanos, el cual tuvo una intensa relación con el pintor Roberto Matta y fue disuelto en 1992. Ha realizado sesenta y cinco exposiciones individuales y participado en más de ciento setenta colectivas en galerías y museos de México, Francia, Estados Unidos, Nicaragua, Italia, España, Inglaterra, Argentina, Chile, Alemania, República Dominicana, Suiza, Perú, Puerto Rico y Cuba. En 2003 realizó un mural para el hotel Sheraton del Centro Histórico de la Ciudad de México. En 2006 se instaló su escultura *Estructura sefiròtica* en el “Espacio de Meditación” creado por Pascal Arquitectos, para quienes creó también la pintura mural *El baño ritual* (Mikveh). En 2012 realizó tres esculturas públicas monumentales para el Parque Ecológico Metropolitano de Angelópolis (Puebla). Sus muestras individuales más recientes son Órbitas, rumbos y sombras (Museo de la Ciudad de México, 2018), y *Asideros en el vacío* (Isabelle Serrano Fine Art Gallery). Entre otras distinciones, recibió mención honorífica en el Salón Nacional de Artes Plásticas (1982), Beca de Investigación Artística (Conseil Regional de L’ille de France, 1983), mención especial en el Salón de Vitry (1987), Premio Fortabat (Maison de L’Amerique Latine, tercera edición), y el premio Pinturerías. El arte del arte taurino (Fundación Artención). Ingresó al Sistema Nacional de Creadores de Arte en 1997.

PERLA KRAUZE | Ciudad de México, 1953
Cursó estudios de Diseño Gráfico en la ENAP-UNAM. Diplomada en textiles por el Goldsmiths College, con maestría en Artes Plásticas por el Chelsea College of Arts, ambos en Londres. Su trabajo ha sido exhibido en México y el extranjero en exposiciones individuales y colectivas. Entre las más recientes: *Materia lítica. Memoria/Procesos/Acumulaciones* (Museo Amparo, Puebla), *Archipiélagos* (Galería Qetzali, Oaxaca), *Dualidades* (GAALS, Culiacán), *Estructuras/Materiales/Espacio* (Diagrama, Ciudad de México, 2014), y *Suspended Blues* (GaL Sonja Roesch, Houston). Ha obtenido diversos reconocimientos por parte de instituciones como la UNAM y el British Council, y ha participado en distintos programas de residencia artística: Red Gate Gallery (China), Echigo-Tsumari Triennial (Japón), Banff Centre for the Arts (Canadá), y MacDowell Colony (Santa Fe Art Institute) y Djerassi Resident Artists Program, en Estados Unidos. Su obra forma parte de importantes colecciones públicas y privadas, como las del Museo Amparo, Museo de Arte Moderno, Museo de Arte Contemporáneo de Oaxaca, Museo de Arte Carrillo Gil, MUAC-UNAM, Museo Nacional de la Estampa, Museo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Museo de la Cancillería y Colección Manuel Felguérez (México); Scottsdale Museum of Contemporary Art, Sprint Art Collection, Freedman Gallery-Albright College y Bank of America (Estados Unidos). Desde 1994 ha sido miembro en distintas ediciones del Sistema Nacional de Creadores de Arte.

ÉDGAR LADRÓN DE GUEVARA | CIUDAD Y AÑO)
Es artista visual. Estudió la licenciatura en Ciencias de la Comunicación en la UAM Xochimilco, y la maestría en Fotografía y Medios Alternativos en la School of Visual Arts (Nueva York). Ha sido acreedor a diversos premios y distinciones, entre los que destacan los apoyos del FONCA en los rubros Jóvenes Creadores, Proyectos y Coinversiones, Apoyo a Estudios en el Extranjero y Sistema Nacional de Creadores; la Beca Fulbright–García Robles, la Residencia Artística en Banff Centre (Canadá), y el Premio de Adquisición de la VIII Bial de Fotografía (México). Su obra se ha exhibido en museos, ferias y galerías tanto en México como en el extranjero y se encuentra en colecciones públicas y privadas como las de Museo Jumex, Museo de Arte Carrillo Gil, Museo de Arte Moderno, Centro de la Imagen, National Museum of Mexican Art in Chicago Collection, William Hunt Collection, The Wittliff Collection y Colección Patricia Phelps de Cisneros.

LULÚ LADRÓN DE GUEVARA | CIUDAD Y AÑO SI QUIERE
Artista visual; trabaja en diferentes medios: pintura, fotografía y escultura. En 2015 se mudó de la Ciudad de México a Toronto (Canadá), donde vive actualmente. Ha sido acreedora de diferentes becas como las de Toronto Arts Council y Ontario Arts Council, y la residencia de producción artística FONCA-Banff, en Canadá; así como de distinciones como la selección de su obra en la XVII Bial de Pintura Rufino Tamayo (2016). Ha expuesto en México y en el extranjero, y su obra se encuentra en colecciones privadas en México, Estados Unidos, Canadá y Francia. Es representada en Canadá por Rukaj Gallery (Toronto).

MARCOS LÍMENES | Ciudad de México, 1957
Estudió en la Academia de San Carlos con el maestro Gilberto Aceves Navarro, y en la Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts. Como pintor, cuenta con dieciséis exposiciones individuales en diversas galerías y museos en México, Francia, Brasil y Perú. En 1992 obtuvo una mención de honor en la VI Bial de Pintura Rufino Tamayo. En el ámbito de la escultura urbana, realizó obra para el proyecto *Diálogos de banca y nopales*. Entre sus instalaciones cabe mencionar *Centinelas del desierto* (1991) en la estación Chabacano del Metro, y la que coordinó para el Encuentro Internacional de Poesía (2000), ambas en la Ciudad de México. Ha realizado varias escenografías para teatro y cabaret, ilustrado poemarios y libros infantiles y publicado libros artesanales de autor, entre ellos, *La serpiente roja* (2008), *Antes de la batalla* (2014) y *Vestidos bajando por la escalera* (2015). Fue profesor de arte en el Centro Morelense de las Artes; se desempeñó como curador del Museo de la Ciudad de México y como asesor en cultura de la Delegación Gustavo A. Madero, cuando tuvo a su cargo la curaduría y museografía para el museo de sitio del Panteón del Tepeyac y el museo Espejo de Agua. Realizó el guión temático para el Museo de Nuevo Laredo, y un mural para una de sus salas (2007). Junto con Carolina Kerlow produjo y dirigió la serie *Naturaleza quieta* en TV UNAM. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores del FONCA (2008 y 2012). <www.marcoslimenes.blogspot.com>

LUIS LÓPEZ LOZA | xxxxxxxxxxx

GABRIEL MACOTELA | xxxxxxxxxxx

CARLOS MARÍN | Uruapan Michoacán, 1959
Es egresado de la carrera de Diseño Gráfico en la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM. Perteneciente a una familia que se ha dedicado al arte por tres generaciones, se dedica de manera profesional a la escultura y el dibujo desde1995. Ha realizado más de veinte exhibiciones individuales MENCIONAR ALGUNOS ESPACIOS DE LAS EXPOS y ha participado en numerosas exposiciones colectivas. Piezas suyas forman parte de colecciones privadas en México y en el extranjero, y de importantes acervos públicos como el de Pago en Especie de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público de México. Ha recibido premios por su trabajo destacado en varias bienales a nivel nacional MENCIONAR LOS PREMIOS Y LAS BIENALES, y algunas de sus obras se exponen de manera permanente en espacios como el Museo Nacional de Antropología.

MANUEL MARÍN | Ciudad de México, 1951
Estudió Pintura en la ENPEG “La Esmeralda”, y cursó la maestría en Matemáticas Aplicadas en la UPICSA del IPN. Ha participado en más de trescientas exposiciones colectivas, y su trabajo ha sido exhibido en México y el extranjero, en muestras como *Akaso* (Museo del Chopo), *Sin comisario*, (Museo de Arte Moderno del Estado de México) y *Palimpsesto. Seis grafólogos* (Galería de Arte Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana). En 2015 realizó el intercambio artístico “Temenggong Artists in Residence, Singapore-Fundación Sebastian, México”. Diseña y coordina proyectos colectivos con artistas plásticos nacionales y extranjeros, entre ellos, *El Greco*

a cuatrocientos años de su muerte, *La naturaleza de El Bosco, Escultoras. Homenaje para Alba Rojo Cama y Paráfrasis conmemorativa de los 50 años de la fundación de la Academia de Artes*. Es autor de varios títulos teóricos: *Espacios y cosas* (ENAP-UNAM, 1994), *El tiempo de la pintura* (ENAP-UNAM, 1996), *Intenciones del ver* (Conaculta-Fonca, 2000), *Imagen* (Conaculta-Petra Ediciones, 2007). *Mirada* (Petra Ediciones, 2010), *Endimión* (Petra Ediciones, 2012), y de varios libros para primeros lectores: *Animales en el agua de papel* (1996) y *Animales en el aire de papel* (2008) (ambos en Petra Ediciones). Bajo este mismo sello editorial ha publicado *La caja maga* (2005), *Primavera* (2006, lista de honor IBBY Internacional 2008), *Juan O’Gorman. Un autorretrato pintándose* (2006), *Bichosos* (2009) y *Los animales de El Bosco* (2017). Además, *Tortugas en el espacio de papel* (Conaculta-Petra Ediciones, 2012; Selección White Ravens, Feria del Libro de Frankfurt, 2014), *La isla de los lagartos* (Secretaría de Cultura-Petra Ediciones, 2016) y *Las cosas de Orozco siempre piensan de otra manera* (Secretaría de Cultura de Jalisco-Petra Ediciones, 2017). Es académico en la ENAP-UNAM, La Esmeralda y ESIME-IPN. Es miembro de número de la Academia de Artes y forma parte del Sistema Nacional de Creadores de Arte.

JOCELYNNE MARMOTTAN | Barcelona, 1954
Experimenta con técnicas, colores, formatos y soportes. Ha expuesto en Barcelona, París, Lille, Milán y Los Angeles, así como en galerías y museos de la Ciudad de México y de gran parte de la República mexicana. Ha recibido, entre otros reconocimientos, el primer premio en Pintura (1972), primer premio en Dibujo (1974) y los primeros premios en Pintura y Dibujo (1975), todos en la Delegación Provincial de Arte de Barcelona. En 2017 recibió, por su trayectoria artística, la Aguja de Plata otorgada por L’Assosiació de Dones la Fita de Cubelles, Barcelona.

CÉSAR MARTÍNEZ | Ciudad de México, 1962
Artista *indisciplinario*; ha abarcado diversos métodos de creación en términos técnicos y conceptuales que van desde el uso de la dinamita hasta la gelatina: desde generar relieves sobre placas de acero inoxidable con la asistencia de explosivos plásticos como la dinamita y la nitroglicerina, hasta la puesta en escena de rituales antropofágicos para la degustación de cadáveres exquisitos que consisten en esculturas humanas a escala uno a uno escultococinadas en chocolate o gelatina. Su trabajo como escultor y artista de *performance* se ha expuesto en Estados Unidos, Grecia, China, España, Reino Unido, Polonia, República Checa, Italia, Alemania, República Dominicana, Cuba, Brasil, Colombia y Costa Rica. Es doctor en Bellas Artes por la Universidad de Castilla La Mancha, campus Cuenca, y su tesis *Cuerpo, política y subjetividad. Performance y prácticas antagónicas* (en proceso de publicación) mereció un *Summa Cum Laude*. Actualmente trabaja como profesor de tiempo completo en la División de Ciencias y Artes para el Diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores desde el año 2002.

MIRIAM MEDREZ | Ciudad de México, 1958
Estudió Artes Plásticas en la UNAM y en la Universidad Concordia

(Montreal); se desempeñó como docente en la Universidad de Betzalel (Jerusalén), y en el Centro de Estudios Superiores de Diseño (CEDIM) (Monterrey). Con una obra multidisciplinaria, ha experimentando con diversas técnicas y realizado múltiples exposiciones individuales y colectivas en México, Estados Unidos, Venezuela, Austria, Dinamarca, Francia, Irlanda y Portugal. Cuenta con varias distinciones, reconocimientos y premios entre los cuales cabe mencionar el primer lugar en Escultura en la IV Bial Monterrey Femsa (1998) y el Contextile 2014 en la Bial de Textil Contemporáneo (Portugal). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores (2006-2009, 2010-2013 y 2015-2018). Entre las exposiciones recientes en las que ha participado destacan *Hilvanando identidades* (Museo de Arte de Querétaro) y en la Capilla del Arte de la Universidad de las Américas (Puebla, 2013), *Zurciendo y Lo que los ojos no alcanzan a ver* en Crearte de ICBC (Ensenada, Baja California, 2011), y *La estructura de la piel* en el Museo MARCO (Monterrey, 2008). Vive en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, desde 1985.

ALFONSO MENA PACHECO | xxxxxxxxxxx

FLOR MINOR | xxxxxxxxxxx

OCTAVIO MCTEZUMA | Ciudad de México, 1957
A los 13 años tomó clases de pintura con Carlos Orozco Romero. Durante más de cuatro años fue asistente de Vlady en los murales de la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada. Ha realizado treinta y siete exposiciones individuales entre las que destacan *El triunfo de la razón* (Museo del Chopo), *La última parte de la noche y otros laberintos* (Zona), *Tetragramas* (Centro Cultural de Querétaro Gómez Morín), *El poder de la representación* (Salón dès Aztecas), *En el eterno presente* (La Quiñonera) y *El recurso del método. Antología de pintura experimental* (Fundación Sebastián). Su obra se ha presentado en más de ochenta exposiciones y bienales nacionales e internacionales, entre otras, la Bial de Artes Visuales Yucatán, Bial Rufino Tamaño, Bial Alfredo Zalce, Bial Monterrey FEMSA y Trienal Internacional de Gráfica Kunstverein zu Frechen. Cuenta con la carrera de Médico Cirujano, la especialidad en Biología de la Reproducción Humana y la maestría en Artes Visuales por la UNAM. Actualmente colabora como responsable del intercambio artístico-científico en el programa de Arte, Ciencia y Tecnologías de la UNAM y la Secretaría de Cultura Federal.

GUSTAVO MONROY | Ciudad de México 1959
Estudió en la ENPEG La Esmeralda. Desde mediados de los años ochenta ha expuesto de manera individual y colectiva en México y el extranjero. Su obra forma parte del acervo de importantes museos y colecciones especializadas en México y Estados Unidos, como el Museo de Arte Moderno (Ciudad de México), el Museo de Arte Contemporáneo (Aguascalientes), así como el Museo Nacional de la Estampa, el Instituto Nacional de Bellas Artes, el Museo Universitario de Ciencias y Artes de la UNAM y el Museo de Arte Carrillo Gil (Ciudad de México); el Museum of Art–University of Arizona y el Latin American Art Museum (Long Beach, California). Pintor, grabador y dibujante, ha obtenido diversos reconocimientos, entre los que

destaca el Premio de Pintura de la IX Bienal Rufino Tamayo. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores PONER AÑOS y ha participado como jurado en diversos concursos nacionales como la XII Bienal Rufino Tamayo, la IX Bienal Alfredo Zalce 2014 y el XXX-VII Encuentro Nacional de Arte Joven 2017.

IXRAEL MONTES | xxxxxxxxxxx

YOLANDA MORA | xxxxxxxxxxx

ROWENA MORALES | xxxxxxxxxxx

PAUL NEVIN | Bayonne, Francia, 1949
En 1951 se trasladó con su familia a España y posteriormente, en 1960, a Londres. Allí ingresó al Maidstone College of Art, donde obtuvo su licenciatura. En 1972 pasó su primera temporada en México, y se estableció definitivamente en el país en 1977, para casarse con la artista Pilar Bordes. Aprendió el oficio de escultor en metal trabajando en la herrería de don Luis Chavira en Guadalajara, Jalisco, durante dos años. Expuso por primera vez individualmente en la Casa de la Cultura en Guadalajara, y desde entonces acumula más de veinticinco exposiciones individuales y cincuenta y cinco colectivas en diferentes museos y galerías de Francia, España y México. Tras residir en Barcelona y Guadalajara entre 1980 y 1996, se trasladó a la Ciudad de México, donde actualmente trabaja junto a su familia. En 2016 realizó una retrospectiva en el Instituto Cultural Cabañas en Guadalajara, donde también presentó su libro *La puerta falsa*. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores en varias ocasiones PONER AÑOS. Es miembro de La Academia de las Artes.

BRIAN NISSEN | Londres, Inglaterra, 1939
Estudió en la Escuela de Artes Gráficas de Londres y en la Escuela de Bellas Artes de París. En 1963 viajó a México, donde radicó los siguientes diecisiete años. Se mudó a Nueva York en 1978, donde vivió unos veinticinco años, además de mantener casa y estudio en México y pasar largas temporadas en Barcelona. En 1980 obtuvo la beca Guggenheim. Ha realizado numerosas exposiciones en importantes museos y galerías, como el Museo de Arte Moderno de México y el Museo Rufino Tamayo, en la Ciudad de México; el Museo de Arte Moderno (Buenos Aires); la Galería Whitechapel (Londres); el Ministerio de Cultura de Cataluña; Cooper Union, Museo del Barrio y City University (Nueva York); y Universidad de Harvard (Boston), entre otros. En 2005 realizó la gran escultura-fuente *Manantial* en el Paseo de la Reforma, y en 2006, el mural escultórico monumental *El Mar Rojo*, ambos en la Ciudad de México, donde en 2012 celebró una retrospectiva de su obra en el Palacio de Bellas Artes. Ha publicado diversos libros, entre ellos, *Limulus*, *Voluptuario*, *Farándula*, *Expuesto*, *Caleidoscopio* y la monografía *Brian Nissen*, y realizado varios códices que se encuentran en las bibliotecas de las universidades de Princeton y Harvard, el Museo de Arte Moderno de Nueva York y el Museo de Brooklyn.

MARIO NÚÑEZ | xxxxxxxxxxx

JOSÉ NUÑO | xxxxxxxxxxx

RUBÉN OCHOA | xxxxxxxxxxx

GUILLERMO OLGUÍN | xxxxxxxxxxx

IRMA PALACIOS | Iguala, Guerrero, 1943
Estudió pintura en la ENPEG La Esmeralda. Desde 1977 ha participado en más de cien exposiciones colectivas en museos y galerías de México y el extranjero. Ha obtenido, entre otros reconocimientos, el segundo premio en Pintura, tercer premio en Dibujo y primera mención en Gráfica en el XIV Concurso Nacional para Estudiantes de Artes Plásticas; el Primer Premio en la I Bienal de Pintura Rufino Tamayo, el Premio de Adquisición en la sección de Pintura, Salón Nacional de Artes Plásticas (1985), la Medalla Vicente Guerrero otorgada por el Gobierno del Estado de Guerrero y la beca de la Guggenheim Foundation. Fue invitada especial en la 5ª Bienal Internacional de Arte Sharjah (Emiratos Árabes Unidos). Ha sido becaria del Sistema Nacional de Creadores de Arte en diversas ocasiones entre 1994 y 2010. Su obra forma parte de importantes colecciones públicas, como el Instituto Nacional de Bellas Artes, Museo de Arte Moderno, Instituto de Artes Gráficas de Oaxaca, Museo Rufino Tamayo, Museo de Arte Contemporáneo de Monterrey, Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez, Museo Amparo de Puebla y Museo de Arte Contemporáneo de San Antonio, Texas, y de las colecciones privadas de Sergio Autrey y Andrés Blastein, entre otros.

KNUT PANI | Ciudad de México 1956
Artista visual. Empezó su formación profesional en el taller de escultura del maestro Lothar Kestenbaum en la Escuela Nacional de Bellas Artes de San Miguel Allende (Guanajuato), y posteriormente estudió pintura en el Art Center College of Design (Pasadena, California). Colaboró con Mathias Goeritz en la sección de arte de la revista *Arquitectura/México*, y fue director de arte del Museo Rufino Tamayo. Fundó el taller de gráfica El Pez Soluble con Alejandro Arango y Franco Manterola. Ha participado en numerosas exposiciones individuales y colectivas, y su obra forma parte de más de doscientas colecciones públicas y privadas en museos e instituciones alrededor del mundo. En 2001, la ciudad de Florencia, Italia, le otorgó la medalla “Lorenzo el Magnífico” por su obra pictórica. Ha realizado cinco murales en la Ciudad de México y varios proyectos de escultura en acero de escala monumental. Actualmente trabaja en su proyecto *Exilio visual* y dirige, junto con Santiago Pani, La Nave Indeleble y Art-House Holland by PAC (Plataforma de Arte Contemporáneo), centros interactivos para las artes visuales entre México y la comunidad de Madrid y la ciudad de Leiden (Leiderdorp, Países Bajos), respectivamente, en conjunto con El Pez Soluble. Vive y trabaja entre las ciudades de Madrid, Leiden y Tequisquiapan.

SANDRA PANI | Ciudad de México, 1964
Estudió en Chelsea School of Art en Londres, Studio Art Centers International en Florencia, y en la Escuela Nacional de Artes Plásticas en la Ciudad de México. Cuenta con treinta exposiciones individuales en espacios como el Claustro de Sor Juana, Palacio de Medicina de la UNAM, Museo de La Cancillería, Galería Juan Martín, Galería An-

drea Pozzo de la Universidad Iberoamericana, Museo Diego Rivera Anahuacalli y Museo del Chopo, en la Ciudad de México; Ex Conven-to de Santo Domingo e IAGO (Oaxaca), Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez (Zacatecas), MACAY (Mérida); Instituto de Cultura de México (Miami, Washington y Nueva York), Contemporary Art Museum (Raleigh Carolina del Norte), Newcomb Gallery de la Universidad de Tulane (Nueva Orleans), y Art Center de la Universidad de Texas (Brownsville), en Estados Unidos; Embajada de México en Berlín, Museo Nacional de Kazakhstan y CerModern (Ankara, Turquía), entre otros. En 2018 presentó *Árbol de huesos*, retrospectiva de veinte años (Centro Cultural de Tijuana y el Antiguo Colegio de San Ildefonso, en la Ciudad de México). Obtuvo la beca Jóvenes Creadores del Fonca en PONER AÑOS y ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores en varias ediciones. <www.sandrapani.com>, <deserarbol.sandrapani.com>, <intangible self.sandrapani.com>, <denudatioperfecta.sandrapani.com>

CARMEN PARRA | xxxxxxxxxxx

ADÁN PAREDES | xxxxxxxxxxx

ROBERTO PARODI | xxxxxxxxxxx

CARLOS PELLICER LÓPEZ | Ciudad de México, 1948
Empezó a estudiar pintura con Alfonso Ayala (1963), y posteriormente ingresó a la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM, donde se formó con maestros como Héctor Cruz, Celia Calderón, Luis Nishizawa, Nicolás Moreno y Francisco Moreno Capdevila. Luego de participar en varias muestras colectivas, tuvo su primera individual en 1974, en la Galería de Arte Mexicano (Ciudad de México). A partir de entonces ha realizado más de treinta exposiciones, sobre todo en México, siendo las más recientes las realizadas en el Museo de Arte Abstracto Manuel Felguérez (Zacatecas, 2018) y en la Galería Aldama Fine Art (Ciudad de México, 2019). Desde la década de los ochenta ha publicado numerosos libros ilustrados para niños, editados principalmente en el Fondo de Cultura Económica.

MARIBEL PORTELA | xxxxxxxxxxx
Estudió en la ENAP-UNAM de 1979 a 1982. Cuenta con más de cuarenta exposiciones individuales en espacios como Museo Nacional de San Carlos, C3 UNAM, Drexel Galería y Museo de la SHCP / Antiguo Palacio del Arzobispado (México); Centro México (Madrid, España); T1 in China Project (Pekín), entre otros, y más de ciento cinco exposiciones colectivas en Europa, Asia, África, América del Sur y Estados Unidos, entre las que destacan *8th International Fiber Art Biennale from Lausanne to Beijing* (Nantong, China); *Miradas de mujeres* (Galería Art Cuestion, Ourense, España); *Les jardins du Pré-cambrien* (Symposium International d’Art in situ, Fondation Derouin, Val-David, Canadá); y *Dialéctica del paisaje urbano* (Museo Mural Diego Rivera, Ciudad de México). En 1994 obtuvo la beca Jóvenes Creadores del FONCA, y en 2011 la Residencia Artística FONCA-Co-nacyt (Academia de Bellas Artes de la Universidad de Tsinghua, Beijing, China), donde luego fue maestra invitada. Su obra forma parte de las colecciones mexicanas del Museo de Arte Carrillo Gil, Museo del Arzobispado, Banco Nacional de México, Secretaría de

Relaciones Exteriores; Jardín de las Esculturas y Jardín Bicentenario (Xalapa, Veracruz); Museo de la Ciudad de Mérida; Centro de las Artes (San Luis Potosí) y Museo del Palacio de Gobierno (Monterrey); las estadounidenses Racine Art Museum (Wisconsin) y National Museum of Mexican Art (Chicago); Casa Candina (San Juan, Puerto Rico); Museum of International Ceramic Arts Denmark (Middelfart, Dinamarca); y Medalta, Historic Clay District in Medicine Hat (Alberta, Canadá). Es miembro del Sistema Nacional de Creadores desde 2001.

ROBERTO RÉBORA | Guadalajara, Jalisco, 1963
Autodidacta, se inició como caricaturista y empezó a exponer a los catorce años con el seudónimo “Betini”. En 1983 se mudó a Florencia, Italia, donde asistió a los talleres de la Scuola d’Arte Il Bisonte. En 1993 volvió a México y desde entonces alterna el trabajo en sus talleres de Guadalajara y Ciudad de México. En 1994, junto con amigos poetas, fundó Taller Ditoria, editorial dedicada a la publicación de obras literarias en libros tipográficos, manufacturados. Entre sus más recientes exposiciones individuales están *Media Star III* (Galería Le Laboratoire, Ciudad de México), y *Media Star II* (Galería Unique Forward Original, UFO, Los Ángeles). Ha participado en diversas exposiciones colectivas, entre otras, *Messico Circa 2000 / Collezione José Pinto Mazal* (Scuderie del Castello di Miramare, Trieste), *Form und Funktion der Zeichnung heute* (Frankfurter Kunstverein, Frankfurt), y *La Ciudad de México en el arte. Travesía de ocho siglos* (Museo de la Ciudad de México). Ha publicado numerosos libros y catálogos sobre su obra, de los cuales son relevantes *Materia y discurso de fe / Matter and Discourse of Faith* (Turner, 2016) e *Inmaterial* (Taller Ditoria, 2011). En 2011 le fue otorgado el Premio de la XV Bienal de Pintura Rufino Tamayo. Actualmente trabaja en la serie *Flujo Mundo*, de la cual ha realizado una exposición individual en la Universidad del Claustro de Sor Juana (Ciudad de México). Ha sido miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte (2000-2002, 2004-2006, 2009-2011 y 2014-2016).

RICARDO REGAZZONI | xxxxxxxxxxx

ADRIÁN REGNIER CHÁVEZ | Ciudad de México, 1989
Cursó la carrera de Artes Visuales en la ENPEG “La Esmeralda”. Desde 2011 ha desarrollado obra en los campos del video, la animación contemporánea y la realidad virtual. Ha sido apoyado por instituciones nacionales e internacionales: residencia del Laboratorio de Inmersión Centro de Cultura Digital + BBVA Bancomer (2018-2019), Programa de Apoyo a la Investigación y Producción en Arte y Medios (PAPIAM; CENART-Conaculta, 2016-2017); residencia MADATAC en Casa de Velázquez (España, 2016); los programas Jóvenes Creadores del FONCA (2013-2014; 2018-2019), y becas y comisiones de la Fundación de Arte Cisnero Fontanales (CIFO, Estados Unidos, 2013-2014). Ha expuesto de forma individual en el Museo de Arte de Sinaloa, el Centro Multimedia del CENART, el Museo de Arte Carrillo Gil y el Museo Universitario Leopoldo Flores de la UAEM. Resultó ganador del primer lugar en el XXXVIII Encuentro Nacional de Arte Joven (México, 2018); la Muestra + Arte Digital Audiovisual y Tecnologías Avanzadas Acontemporáneas MADATAC 07 (España, 2016); Festival Internacional de Arte Electrónico y Medios Transi-

tio mx 6 (México, 2015); así como de las ediciones X, XII y XV del Concurso Nacional de Video Experimental (México, 2012, 2914 y 2017); del festival internacional de animación Animasivo 8°, y de las bienales internacionales de videoarte VideoBabel 2013 y Pantalla Global (Perú, España, 2013; 2011). Su obra es parte de colecciones como MADATAC, Casa de Velázquez, Pi Fernandino, CIFO, Museo de Arte Contemporáneo de Casoria ccam y Fundación Protovecka. Ha sido seleccionada en más de doscientos festivales y concursos nacionales e internacionales de videoarte, cine, animación y arte contemporáneo.

JOEL RENDÓN | xxxxxxxxxx

Egresado de la licenciatura y la maestría en Artes Visuales de la Escuela de Nacional de Artes Plásticas UNAM. Ha expuesto de manera individual y colectiva en México y Estados Unidos. Obtuvo mención honorífica en el III Concurso Latinoamericano de Grabado “La Joven Estampa” (La Habana, Cuba, 1993) y en la II Bienal Nacional “José Clemente Orozco” (Guadalajara, (1993); primer lugar en el III Concurso Nacional de Grabado “José Guadalupe Posada” (Aguascalientes, 1995); y los premios Promax Oro y Plata por una campaña de Televisa en Nueva York (2006). Ha sido artista residente en el Art Institute of Chicago School (1994), y en Banff Centre for the Arts en Alberta (1997). Fue becario del Programa Jóvenes Creadores del FONCA (1994-1995 y 1998-1999), y recibió una beca para la realización del *Libro-manual de iniciación al grabado para niños* otorgada por la Coordinadora de Educación del INBA (2001). De 2002 a 2004 condujo el programa de televisión Estampa al minuto en OnceTV. Ha colaborado con diversas editoriales (Artes de México, Alfaguara, FCE, RM, Conaculta y Conaliteg, entre otras), en revistas y periódicos (*La Jornada*, *Reforma*, *Play Boy*, *Letras Libres*) y en diferentes medios electrónicos.

RIVELINO | xxxxxxxxxx

Escultor, ha expuesto su obra en numerosas muestras individuales y colectivas, y divide sus actividades entre la creación y el activismo en temas de economía y cultura. Participó en la Expo Universal Shanghai con el relieve *Diálogos naturales* (2010) e inauguró la Galería de Arte de la Secretaría de Economía (México, 2011) con la exhibición *Límites y consecuencias*. Es autor de la intervención escultórica *Nuestros silencios*, sobre el derecho a la libertad de expresión, en ciudades de Europa y América desde 2010 a la fecha. En 2012 realizó la intervención *Raíces* en 14 emplazamientos prehispánicos, virreinales y modernos del Centro Histórico de la Ciudad de México. En 2015 participó en el año dual México-Reino Unido, exhibiendo la intervención escultórica monumental *Tú* en Trafalgar Square; y en 2016 participó en el proyecto “Obra en Obra” con la intervención *El ejército de quién*. A principios de 2017, la instalación *Tú* fue presentada en México (Macro Plaza de Monterrey). Actualmente la obra se presenta en el Patio Mayor del Instituto Cultural Cabañas en Guadalajara. En 2018 celebró veinte años de trayectoria en el Museo Federico Silva con su exposición *Silencio tangible*, y en el Centro de las Artes Centenario en San Luis Potosí con la muestra *Anatomía de la materia*, compuesta de 50 relieves y cuatro esculturas de pequeño y gran formato, su obra más reciente.

VICENTE ROJO | xxxxxxxxxx

VICENTE ROJO CAMA | Ciudad de México, 1960

Estudió composición electroacústica en el Conservatorio Superior de París (1979-1981), en el estudio Phonos de Barcelona (1981) y música por computadora en el Brooklyn College (1985), en el sistema UPIC en Francia (1987) y en la Universidad de Stanford (1994). De 1982 a 1995 se integró al estudio de Antonio Russek, con el cual realizó los primeros conciertos de música electrónica en vivo en México. Fue fundador del colectivo multidisciplinario Atte. La Dirección, dedicado al *performance*, la multimedia y la instalación (1982-1997). Paralelamente a la creación sonora, se ha desarrollado como diseñador gráfico de numerosos libros de arte, catálogos, carteles, portadas de libros y discos compactos; y enfoca su trabajo personal en el terreno del arte digital, la instalación, la escultura y, recientemente, la fotografía. Su obra se ha presentado y estrenado en diversos museos, galerías y festivales de México, así como en Nueva York, París, Venezuela, Cuba, Madrid, Londres y Polonia, entre otros. Ha obtenido premios, becas y reconocimientos nacionales e internacionales por su trabajo como músico y artista multidisciplinario. Ha formado parte del Sistema Nacional de Creadores (2011-2013).

MARÍA JOSÉ ROMERO | Ciudad de México, 1970

Inició sus estudios de arte en Boston University, al tiempo que realizaba cursos y prácticas en The School of the Museum of Fine Arts, en la misma ciudad. Su obra, en distintas técnicas y formatos, ha sido exhibida en numerosas exposiciones individuales y colectivas, entre ellas, *Craxis* (Fundación Sebastián, 2008), *Infarto*, en colaboración con Karen Huber (White Spider Project, 2012) y *¿Le gusta este jardín que es suyo?* (Galería Arredondo/Arozarena, Ciudad de México, 2013); *Roller Coaster Manhattan* (Bushwick, Nueva York, 2014), *Germinal* (Instituto de México en España y Seminario de Cultura Mexicana, Ciudad de México, ambas en 2016). Su obra pertenece a diversas colecciones públicas y privadas NOMBRAR ALGUNAS?. Ha participado en varios proyectos artísticos multidisciplinarios; explora la fotografía, el video y el arte objeto, y en fechas recientes su trabajo ha sido seleccionado y se ha desplegado a piezas monumentales sobre muros en espacios culturales NOMBRAR ALGUNO? y de espacio público.

IGNACIO SALAZAR | xxxxxxxxxx

Es maestro en Artes Visuales y doctor en Artes y Diseño por la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM. En 1976 expuso individualmente en el Palacio de Bellas Artes de la Ciudad de México. A partir de entonces ha presentado veintiocho exposiciones individuales, entre las que destacan las realizadas en el Museo de Arte Moderno (Ciudad de México) y la de MARCO de Monterrey. Cuenta con un centenar de participaciones colectivas. Su obra forma parte de colecciones de museos e instituciones públicos y privados nacionales e internacionales. Además de su obra pictórica, ha trabajado como diseñador gráfico y arquitectónico en escenografías para cine. Es maestro universitario, y ha impartido cursos y conferencias en universidades y centros culturales de México y el extranjero. En el campo de la docencia ha creado diferentes modelos educativos, como el primer Taller de Producción en Pintura en la ENAP-UNAM y

el Seminario de Pintura Contemporánea en la ENAP (OJO FAD o ENAP?). Entre otros reconocimientos, recibió el Premio Universidad Nacional 2013 en Docencia en Artes. Ha formado parte del Sistema Nacional de Creadores de Arte en cinco ocasiones (PONER AÑOS). Ha participado activamente en la administración y asesoría de proyectos culturales y educativos en México. Fue director de la Escuela Nacional de Artes Plásticas (2006-2010), y miembro de diversos cuerpos colegiados tanto en la UNAM como en La Esmeralda (INBA). Ha realizado la curaduría de varias exposiciones, y escrito numerosas presentaciones para catálogos de arte, así como artículos y ensayos en libros y revistas.

JUAN SAN JUAN | Ciudad de México, 1953

Fotógrafo mexicano y artista digital, licenciado en Comunicación por la Universidad Iberoamericana. Ha expuesto su trabajo en México y ha participado en exposiciones colectivas e individuales en Dinamarca, España, Slovenia, Estados Unidos y Cuba, entre otras. Ha sido invitado por los gobiernos de Canadá (2012) y Tailandia (2014) a desarrollar su trabajo en residencias artísticas. Su trabajo fotográfico con plantas y su proceso de marchitación lo ha ocupado durante los últimos cuatro años, explorando los aspectos de transformación durante la vida de las plantas, las flores y los bosques como organismos masivos, en un proceso que recupera y actualiza el género de la naturaleza muerta. En 2014 presentó una muestra individual en el Museo de la SHCP / Palacio del Arzobispado, y en 2016-2017, la Fototeca Nacional presentó una muestra retrospectiva de su trabajo. Como docente, ha sido maestro titular de la materia de fotografía en la Escuela Nacional de Pintura, Escultura y Grabado “La Esmeralda”.

NUNIK SAURET | FALTA CIUDAD Y SI QUIERE AÑO

Estudió en la Escuela Nacional de Pintura, Escultura y Grabado “La Esmeralda” (Ciudad de México), y participó en diversos talleres y seminarios de grabado, así como de gráfica y estampa contemporáneas japonesas. Ha participado en cincuenta y cinco bienales y/o trienales en México, Estados Unidos, Colombia, Venezuela, India, Puerto Rico, Yugoslavia, Noruega, Bulgaria, Cuba, Brasil, España, Japón, Italia, Eslovaquia, Canadá, Polonia y Francia. Su obra forma parte del acervo de importantes museos, universidades e instituciones culturales en México, Colombia, Bulgaria, Serbia, Estados Unidos, Puerto Rico, Cuba, Noruega, Japón y Eslovaquia. Ha realizado más de ciento sesenta exposiciones individuales en México, Colombia, Panamá, Serbia, Estados Unidos y República Argelina; y ha participado en más de seiscientas colectivas en México y el extranjero. Ha sido parte del Sistema Nacional de Creadores PONER AÑOS

SAÚL SERRANO | xxxxxxxxxx

GABRIELA SODI | xxxxxxxxxx

Es licenciada en Historia del Arte y artista plástica. Escribe desde 1980 sobre arte y cultura en periódicos y revistas nacionales. Es propietaria de Grupo Muro, laboratorio de análisis morfológico sobre la integración del arte para los usuarios en áreas laborales ejecutivas. Trabaja con niños en la búsqueda de opciones fuera de la violencia y con jóvenes en situación de calle, con miras a la integración social

y la mutación de la violencia por la creatividad. Desde hace treinta años trabaja en rescates históricos de la memoria, como es el caso de la Ruta de Conventos, el Mural de Nagasaki e iconografías nacionales e identidades territoriales. Actualmente trabaja, desde la experimentación estética, en el rescate de la memoria de las minas de Pachuca, Hidalgo, como parte de su proyecto *Topografías*. Es asesora de la Academia de Peritos y Valuadores de México e imparte numerosas conferencias sobre temas relacionados con el arte y la cultura. Ha recibido doctorados Honoris Causa por la Universidad Cultural Americana y por la Organización Continental de Excelencia Educativa (Orcodee); el reconocimiento “Mujer del Año 2012”, otorgado por la Cámara Nacional de la Mujer, el Premio Internacional Educa 2017 y el Premio “Lega tu Sapientia” Orcodee 2017.

LUCIANO SPANÓ | Saluzzo, Provincia de Cuneo, Italia, 1959

Pintor nacionalizado mexicano. Estudió de 1976 a 1984 en la ENPEG “La Esmeralda”, donde se especializó en grabado. En 1979 cursó el taller Posada de Aguascalientes. Se formó también en la ENAP-UNAM de 1981 a 1983, y en 1984 trabajó como promotor cultural en el Museo de Arte Carrillo Gil, instaurando el Taller Gabriel Fernández Ledesma. De 2000 a 2004, enviado por el Sistema Nacional de Creadores de Arte, impartió diferentes talleres de pintura, figura humana y paisaje en México. Al siguiente año tomó talleres de figura humana en la Academia de Bellas Artes de París. Entre 2007 y 2011 realizó una serie de once pinturas de puentes de gran formato en la ciudad de París. Su trabajo forma parte de las colecciones del Instituto Nacional de Bellas Artes, el Museo Carrillo Gil, el Museo José Luis Cuevas, las embajadas de México en Roma y en París, y de la Academia Albertina de Turín. Cuenta con cuarenta exposiciones individuales y ha participado en más de cuatrocientas colectivas. Asimismo, ha obtenido varias distinciones, entre las que destacan el premio de adquisición en el VIII Encuentro Nacional de Arte Joven (1988), la beca del gobierno italiano en la Academia Albertina de Bellas Artes de Turín (1997), el apoyo del Sistema Nacional de Creadores de Arte del Fonca (2000-2006), y el premio Art Cité en Francia (2011). Actualmente desarrolla una serie de paisajes intervenidos donde se patentiza el desastre ecológico.

FERNANDO TAMÉS | xxxxxxxxxx

ESMERALDA TORRES | Querétaro, 1978

Titulada en Artes Visuales en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Autónoma de Querétaro, a partir de la pintura investiga y reflexiona sobre una amplia gama de técnicas: arte-objeto, dibujo, *collage*, gráfica, video e instalación. Ha participado en diversas exposiciones individuales y colectivas en museos y galerías de su ciudad y de la República Mexicana, así como en Lisboa, Suecia y España. Ha recibido premios y distinciones en bienales de pintura en México PONER QUÉ BIENALES. Fue becaria del programa Jóvenes Creadores del FONCA (2013-2014), así como del programa de becas del Fondo Estatal de la Secretaría de Cultura de Querétaro PONER AÑOS. Realizó una residencia de trabajo en Galicia (España PONER AÑO). Forma parte de las colecciones Pago en Especie de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Museo de Arte Contemporáneo 8 y Museo Escárcega de Aguascalientes, Museo Regional de Queré-

taro, Universidad Autónoma de Querétaro, Banco BBVA Miami, Banco del Bajío, Diario de Querétaro, Hotel Rosewood Puebla, entre otras. Imparte talleres de artes visuales para niños y adultos.

PALOMA TORRES | xxxxxxxxxx

ADONAY VÁZQUEZ | xxxxxxxxxx

ROSA VELASCO | Ciudad de México, 1961
Desde temprana edad empezó a estudiar tejido de tapices, y se especializó en la creación de gobelinos en alto-liso, además de dominar otras técnicas. Estudió en el Taller Nacional de Tapiz, en la Ciudad de México, y ha tomado cursos de tejido en la UNAM y en la Universidad Iberoamericana. Formó parte del taller de Grau-Garri-ga, en Barcelona, y fue becada por el gobierno francés para estudiar en la Manufactura Nacional de Gobelinos de París, y por el gobierno Noruego en el Instituto de Arte y Diseño de Bergen. En cuanto a su formación plástica, fue alumna de los maestros Vicente Gandía y Roger von Gunten. Desde 1984 ha participado en numerosas exposiciones colectivas de arte textil en la Ciudad de México, en el interior de la república y en el extranjero, y cuenta con varias exposiciones individuales de tapiz. Su obra forma parte de colecciones dentro y fuera de México. Desde 2007 se interesa en las posibilidades expresivas del collage, y ha participado con esta técnica en varias exposiciones colectivas e individuales.

SAÚL VILLA | Ciudad de México, 1958
Estudió técnicas gráficas de 1976 a 1982 con Frank Conelly, Mark Balakjian y Juan José Torralba en Londres y Barcelona. Ha expuesto individualmente en La Bienal de La Habana, El Clauselito, La Periferia, Museo Carrillo Gil, Museo Experimental El Eco, Casa Luis Barragán, Galerie in Traklhaus Salzburg, Sala Germán Gedovius, Galería de Arte Mexicano, Galería OMR, Galería Arte Contemporáneo, Galería Juan Martín, Galería Manolo Rivero-Frontground y Acapulco 62. Ha participado en numerosas exposiciones colectivas en museos y galerías privadas, como The Metropolitan Museum (Nueva York); Museum der Moderne y Galerie in Traklhaus (Salzburgo); Museo de Arte Moderno, Museo Carrillo Gil y Museo Diego Rivera Anahuacalli (Ciudad de México). Obtuvo el Premio de Pintura de la Tercera Bienal Nacional de Artes Visuales de Yucatán. Su obra forma parte de las colecciones públicas de The Metropolitan Museum (Nueva York); Land Salzburg (Austria); Colección Schoepflin (Suiza); MUAC-UNAM, Museo de Arte Moderno, Fundación Televisa, El Colegio Nacional, Academia Mexicana de Medicina, IAGO, Museo Nacional de la Estampa y Sedeculta Yucatán (México). Fue director de Artes Visuales de la Escuela Superior de Artes de Yucatán (2011-2018). Es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte.

BORIS VISKIN | xxxxxxxxxx

ROGER VON GUNTEN | Zurich, Suiza, 1933
Estudió pintura y diseño gráfico en la Kunstgewerbeschule Zürich (Escuela de Artes y Oficios de Zurich), bajo la dirección de Johannes Itten. En 1957 viajó a México, donde reside desde entonces.

Miembro de la Generación de la Ruptura, participó en los Salones Independientes de 1968, 1969 y 1970. Ha presentado numerosas exposiciones individuales, entre ellas varias retrospectivas, en espacios como Galería de Antonio Souza, Museo de Arte Moderno, Museo del Palacio de Bellas Artes, Museo Nacional de la Estampa, Galería Metropolitana, Museo José Luis Cuevas, Arte Hoy Galería, Museo de la Cancillería y Centro Cultural Estación Indianilla (Ciudad de México); Museo de Arte Contemporáneo (San Luis Potosí), Galería Pecanins (Barcelona), Museo Omar Rayo (Rondanillo, Colombia), Museo CerModer (Ankara, Turquía), Museo Nacional de Georgia, y Centro de Arte Moderno y Contemporáneo del Museo de Kasajstán (Asatana), entre muchas otras. Ha participado en numerosas exposiciones colectivas nacionales e internacionales. Trabajó distintas escenografías, entre ellas, la del estreno mundial de la ópera de Daniel Catán, *La hija de Rapaccini*, en el teatro de Bellas Artes. Obtuvo el Premio en el Segundo Festival Pictórico de Acapulco (1994), la Medalla Goya en la XI Bienal Iberoamericana de Arte (1998) y la Medalla de Bellas Artes (2014), entre otros reconocimientos. Ha sido docente en instituciones como la Universidad Iberoamericana y el Mexico City College, en talleres abiertos y gratuitos y en cursos especiales dedicados a la enseñanza de la teoría y la práctica del color de Johannes Itten. Dirige el taller semanal “Color y Factura” en la Escuela de Arte Apozonalli en Tepoztlán, Morelos, desde 2011. Es miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte desde 1993.

BARRY WOLFRYD | Los Ángeles, California, 1952
Estudió arte, entre 1972 y 1984, en el Houston Community College de Bridgeport (Connecticut), en el Chicago Art Institute, en el Instituto Allende (San Miguel de Allende) y en el Instituto Nacional de Bellas Artes de San Luis Potosí. Llegó a México en 1985, y en 1987 se integró al Salón dè Aztecas, con el cual participó en proyectos de adopción e intervención colectiva de espacios públicos y edificios, entre éstos, “La toma de Balmori”, “El Rule” y “El Vizcainas”. Ha realizado treinta y cinco exposiciones individuales y participado en más de cien colectivas, en galerías y museos de Estados Unidos, Sudamérica, Japón, México y Europa. Algunas exhibiciones suyas han sido alojadas por instituciones como el Museo de Arte Contemporáneo en Vidrio (Alcorcón, Madrid); Museo de Tecnología, Real Fábrica de Cristales (Segovia); Museo José Luis Cuevas y Museo de El Carmen (Ciudad de México); Instituto Cultural de México en Guatemala; Museo de Arte Moderno (Trieste); Museo de la Ciudad (Quito); Foro Cultural de la Embajada de México (Berlín); Centre Culturel du Mexique (París) e Instituto Cervantes (Tokio), por mencionar las más recientes. Obra suya ha sido seleccionada en la IV Bienal Miradas (2014), tres veces por la Bienal de Monterrey (2012, 1997 y 1994), en dos ocasiones por la Bienal Iberoamericana (1994 y 1992), y una por el proyecto Chilango Arte Público (2012). Entre 2008 y 2011 realizó una serie pictórica para documentar la violencia que padece México como consecuencia de las actividades del crimen organizado. La serie se exhibió en 2012 en la galería Ethra (Ciudad de México). En 2014 se inició en la producción de escultura de vidrio, y fue invitado al estudio de Adriano Berengo, fundador del proyecto *Glass Stress* (Murano Italia), y a la Real Fábrica de Cristales (Segovia, España). Además de su producción plástica, ha participado

en proyectos de espectáculos, fílmicos, editoriales y de fotoperiodismo.

BEATRIZ ZAMORA | xxxxxxxxxx

ERNESTO ZEIVY | xxxxxxxxxx

Índice

Índice

Agradecimientos

Arturo Buitrón • Carlos Chimal • Isadora Cuéllar • Judith Escalante • Carmi-
na Estrada • José Franco • Roald Hoffmann • Audelino Macario •

Coordinación de Difusión Cultural, UNAM
Festival de Ciencia y Arte El Aleph

Jorge Volpi Escalante
Coordinador

Juan Ayala Méndez
Secretario Técnico de Planeación y Programación

Marisa de León
Coordinadora de producción de Festivales

Georgina Hugues
xxxxxx

Alejandro Calderón
xxxxxxxx

Agradecemos al Fondo Nacional para la Cultura y las Artes el apoyo proporcionado para la realización de este proyecto.

Créditos

PROYECTO *La tabla de los elementos*

Rogelio Cuéllar y María Luisa Passarge
Directores y curadores

La Cabra Ediciones
Coordinación general
www.lacabraediciones.com

Carlos Chimal (coordinador)
Cédulas, excepto:
Manuel Amézquita Valencia, pp. 42, 86
Iván Castillo, p. 84
Daniela Franco Bodek, pp. 64, 68, 70, 76, 112, 136, 198
Verónica García Montalvo, p. 142
José Gordon, p. 104
Gerardo Herrera, pp. 128, 238, 240, 242, 244, 246, 250, 254
Rolando Isita, pp. 164, 226
Juan Villoro, p. 230

Rogelio Cuéllar | Miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte
Retratos de los participantes, excepto:
p. Fernando Aceves Humana | xxxxxxxxx
p. Per Anderson | xxxxxxxxx
p. Javier Bassi | xxxxxxxxx
p. Jordi Boldó | xxxxxxxxx
p. Javier Cortez | xxxxxxxxx
p. Alberto Darszon | xxxxxxxxx
p. Juan Manuel García Ruiz | xxxxxxxxx
p. Ismael Guardado | xxxxxxxxx
p. Raúl Herrera | xxxxxxxxx
p. Miriam Medrez | xxxxxxxxx
p. Ixrael Montes | xxxxxxxxx
p. Rowena Morales | xxxxxxxxx
p. Guillermo Olguín | xxxxxxxxx
p. Knut Pani | xxxxxxxxx
p. Esmeralda Torres | xxxxxxxxx

Arturo Buitrón y Andrés Álvarez Pech
Fotografía de obra

María Luisa Passarge
Diseño gráfico

Raduy Fedorenko | Art Lab
Relaciones comerciales
raduyfh@gmail.com | www.catsapajamas.com.mx

José Miguel Pérez y Laura Sagah | High Tech Mkt
Comunicación y difusión en medios digitales
la.saga@outlook.com

Manuel Amezquita | Iván Castillo | Verónica García Montalvo |
Susana Porcel | Tomás Rocha | Noé Zúñiga
Asesoría científica

Andrés Álvarez Pech
Asistencia Rogelio Cuéllar

EXPOSICIÓN *La tabla de los elementos*

Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM
Universum Museo de las Ciencias de la UNAM

César A. Domínguez Pérez-Tejada
Director General de Divulgación de la Ciencia

Gabriela Sara Guzzy Arredondo
Directora de Universum

xxxxxxxxxx
Museografía

xxxxxxxxxx
Subasta de arte

Joel Aguilar y Cecilia Pardo | m+a+p museógrafos
Diseño de montaje para Universum
joel@mapmuseografos.com | cecilia@mapmuseografos.com
mapmuseografos.com

xxxxxx | Kado Servicios para el Diseño SC
xxxxxxxxxxxxxxxx
info@kado.mx | kado.mx

LIBRO *La tabla de los elementos*

María Luisa Passarge
Coordinación, diseño y formación

Carmina Estrada
Cuidado editorial y corrección de estilo

Offset Santiago
Impresión

Patrocinador Platino

Patrocinador Platino

Índice

La tabla de los elementos	10	Semblanzas	257
Rogelio Cuéllar y María Luisa Passarge			
		Agradecimientos	xxxx
texto DGDC	12		
César A. Domínguez Pérez-Tejada		Créditos	xxxxx
texto patrocinador	14		
xxxxxxxx			
Por qué persiste esta tabla	16		
Roald Hoffmann			
Las cédulas	18		
Carlos Chimal			

Elementos de la tabla periódicas

Actinio 118	Cobre 74	Hidrógeno 20	Nitrógeno 24	Samario 140
Aluminio 188	Copernicio 242	Hierro 68	Nobelio 184	Seaborgio 124
Americio 170	Cromo 64	Holmio 150	Oganesón 254	Selenio 32
Antimonio 210	Curio 172	Indio 192	Oro 114	Silicio 204
Argón 230	Darmstatio 238	Iridio 110	Osmio 108	Sodio 36
Arsénico 208	Disprosio 148	Kriptón 232	Oxígeno 26	Talio 194
Astato 224	Dubnio 122	Lantano 98	Paladio 92	Tántalo 102
Azufre 30	Einsteinio 178	Laurencio 186	Plata 94	Tecnecio 86
Bario 54	Erbio 152	Litio 34	Platino 112	Teluro 212
Berilio 46	Escandio 58	Livermorio 250	Plomo 198	Teneso 252
Berkelio 174	Estaño 196	Lutecio 158	Plutonio 168	Terbio 146
Bismuto 200	Estroncio 38	Magnesio 48	Polonio 214	Titanio 60
Bohrío 126	Europio 142	Manganeso 66	Potasio 38	Torio 160
Boro 202	Fermio 180	Meitnerio 130	Praseodimio 134	Tulio 154
Bromo 220	Flerovio 246	Mendelevio 182	Prometio 138	Uranio 164
Cadmio 96	Flúor 216	Mercurio 116	Protactinio 162	Vanadio 62
Calcio 50	Fósforo 28	Molibdeno 84	Radio 56	Wolframio 104
Californio 176	Francio 44	Moscovio 248	Radón 236	Xenón 234
Carbono 22	Gadolinio 144	Neodimio 136	Renio 106	Yodo 222
Cerio 132	Galio 190	Neón 228	Rodio 90	Yterbio 156
Cesio 42	Germanio 206	Neptunio 166	Roentgenio 240	Ytrio 78
Circonio 80	Hafnio 100	Nihonio 244	Rubidio 40	Zinc 76
Cloro 218	Hassio 128	Niobio 82	Rutenio 88	
Cobalto 70	Helio 226	Níquel 72	Rutherfordio 120	

Creadores participantes

Fernando Aceves Humana Plutonio	168	Juan Manuel García Ruiz Hierro	68	Rowena Morales Rodio	90
Franco Aceves Humana Xenón	234	Manuela Generali Oxígeno	26	Paul Nevin Europio	142
Gabriela Aguirre Bohrio	126	Emiliano Gironella Torio	160	Brian Nissen Radón	236
Miguel Ángel Alamilla Azufre	30	Tomás Gómez Robledo Nobelio	184	Mario Núñez Tántalo	102
Pablo Amor Dubnio	122	Elena Gómez Toussaint Curio	172	José Nuño Mendelevio	182
Per Anderson Wolframio	104	José González Veites Uranio	164	Rubén Ochoa Teluro	212
Rubén Arenas Californio	176	Pilar Goutas Radio	56	Guillermo Olguín Lantano	98
Luis Argudín Prometio	138	Gabriel Guerrero Erbío	152	Irma Palacios Platino	112
Guillermo Arreola Níquel	72	Ilse Gradwohl Boro	202	Knut Pani Berilio	46
Javier Bassi Litio	34	Antonio Gritón Terbio	146	Sandra Pani Nitrógeno	24
Jordi Boldó Sodio	36	Víctor Guadalajara Americio	170	Adán Paredes Samario	140
Pilar Bordes Fermio	180	Javier Guadarrama Plata	94	Roberto Parodi Cobalto	70
Arturo Buitrón Plomo	198	Ismael Guardado Selenio	32	Carmen Parra Disprosio	148
José Luis Bustamante Talio	194	Adrián Gutiérrez Einstenio	178	Carlos Pellicer López Praseodimio	134
Lorena Camarena Magnesio	48	Carlos Gutiérrez Angulo Antimonio	210	Maribel Portela Kriptón	232
Alfredo Cardona Chacón Galio	190	Gabriela Gutiérrez Ovalle Manganeso	66	Roberto Rébora Roentgenio	240
Gilda Castillo Rutenio	88	Óscar Gutman Teneso	252	Ricardo Regazzoni Niobio	82
Alberto Castro Leñero Silicio	204	Ariel Guzik Bismuto	200	Adrián Regnier Hidrógeno	20
Francisco Castro Leñero Argón	230	Raúl Herrera Holmio	150	Joel Rendón Flúor	216
José Castro Leñero Bario	54	Javier Hinojosa Cromo	64	Rivelino Neodimio	136
Rafael Cauduro Hafnio	100	Carlos Jaurena Escandio	58	Vicente Rojo Cobre	74
Guillermo Cenicerós	5	Jazzamoart Fósforo	28	Vicente Rojo Cama Helio	226
Emilio Chapela Cesio	42	Saúl Kaminer Yterbio	156	María José Romero Rubidio	40
Virginia Chévez Neptunio	166	Perla Krauze Polonio	214	Ignacio Salazar Germanio	206
Olga Chorro Copernicio	242	Édgar Ladrón de Guevara Actinio	118	Juan San Juan Hassio	128
Teresa Cito Flerovio	246	Lulú Ladrón de Guevara Ytrio	78	Nunik Sauret Potasio	38
Manolo Cocho Livermorio	250	Marcos Límenes Nihonio	244	Saúl Serrano Laurencio	186
Arnaldo Coen Mercurio	116	Luis López Loza Cadmio	96	Gabriela Sodí Circonio	80
Armando Contreras Rutherfordio	120	Gabriel Macotela Molibdeno	84	Luciano Spanó Indio	192
Javier Cortez Tulio	154	Carlos Marín Francio	44	Fernando Tamés Arsénico	208
Alberto Darzson Calcio	50	Manuel Marín Yodo	222	Esmeralda Torres Meitnerio	130
Héctor de Anda Osmio	108	Jocelyne Marmottan Berkelio	174	Paloma Torres Titanio	60
Liliana Duering Moscovio	248	César Martínez Seaborgio	124	Adonay Vázquez Oganesón	254
Alejandro Escuer Tecnecio	86	Miriam Medrez Gadolinio	144	Rosa Velasco Cerio	132
Demián Flores Neón	228	Alfonso Mena Pacheco Zinc	76	Saúl Villa Aluminio	188
José Franco Hidrógeno	20	Flor Minor Estroncio	52	Boris Viskín Protactinio	162
Pedro Friedeberg Lutecio	158	Octavio Moctezuma Vanadio	62	Roger von Gunten Astato	224
Luis Gal Bromo	220	Gustavo Monroy Oro	114	Barry Wolfryd Estaño	196
Claudia Gallegos Iridio	110	Ixrael Montes Darmstatio	238	Beatriz Zamora Carbono	22
Vanessa García Lembo Paladio	92	Yolanda Mora Cloro	218	Ernesto Zeivy Renio	106

Colofón