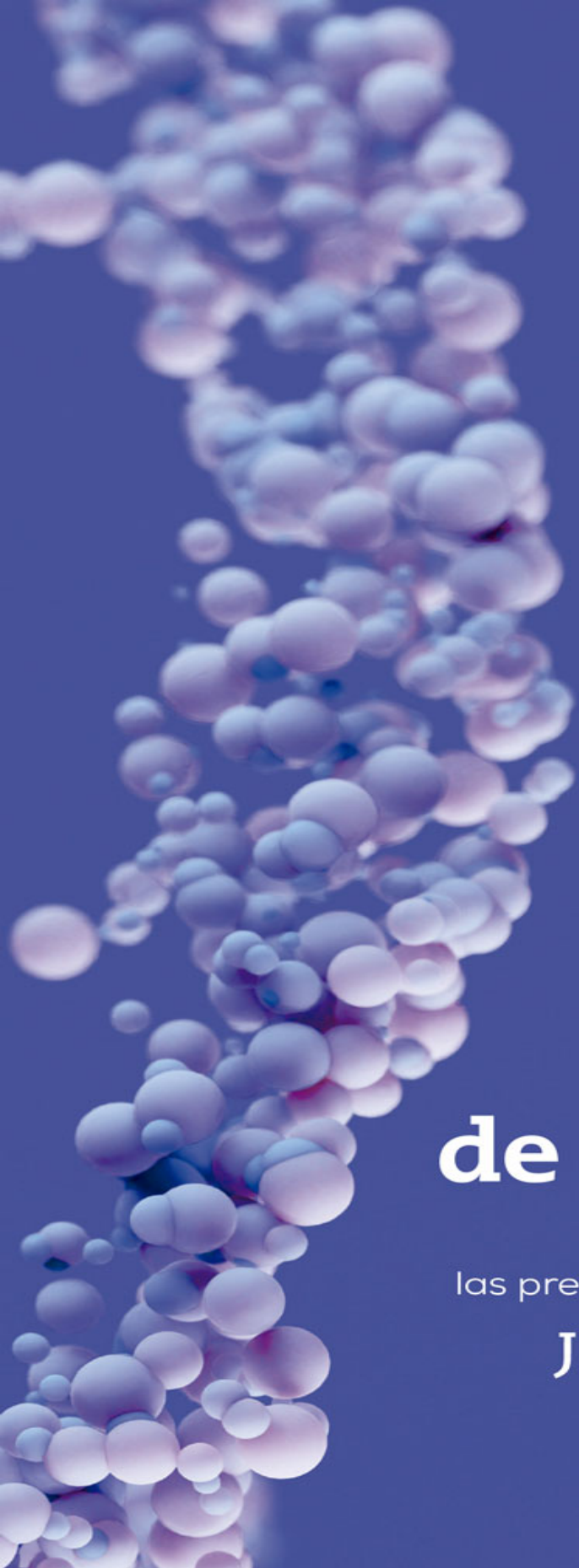




**Plataforma
Editorial**

La elegancia de las moléculas

La belleza de la química a través de
las preguntas más profundas de la existencia

JEAN-PIERRE SAUVAGE

Descubre la química de la vida de
la mano del Premio Nobel de Química 2016

La elegancia de las moléculas

La belleza de la química a
través de las preguntas más
profundas de la existencia

Jean-Pierre Sauvage

Con la colaboración de Thibault Raisse

Traducción de Pablo Hermida Lazcano



Título original: *L'élégance des molécules*, originalmente publicado en francés, por Éditions humenSciences / Humensis, en 2022

L'élégance des molécules © Éditions humenSciences / Humensis, 2022

Primera edición en esta colección: octubre de 2022

Esta obra se benefició del apoyo de los Programas de Ayuda a la Publicación del Institut Français.

© Jean-Pierre Sauvage, 2022

© de la traducción, Pablo Hermida Lazcano, 2022

© de la presente edición: Plataforma Editorial, 2022

Plataforma Editorial

c/ Muntaner, 269, entlo. 1^a - 08021 Barcelona

Tel.: (+34) 93 494 79 99

www.plataformaeditorial.com

info@plataformaeditorial.com

ISBN: 978-84-19271-31-0

Diseño y realización de cubierta:

Grafime

Fotocomposición:

Grafime

Reservados todos los derechos. Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos. Si necesita

fotocopiar o reproducir algún fragmento de esta obra, diríjase al editor o a CEDRO (www.cedro.org).

Destino animado

- 1. El bosque del dragón**
- 2. La sinfonía de la vida**
- 3. El motor invertido**
- 4. Principales padres**
- 5. Cuento de la cripta**
- 6. Los anillos de Borromeo**
- 7. Átomos ganchudos**
- 8. Señores de los anillos**
- 9. El eslabón fuerte**
- 10. La naturaleza elegante**
- 11. El virus de la sinrazón**
- 12. La pasarela**

Agradecimientos

«En el laboratorio Sauvage no trabajan mucho, pero les encanta tomar té o café juntos.»

*Extracto del informe de prácticas de una
estudiante de química de la Universidad de
Tokio, tras su paso por el laboratorio de Jean-
Pierre Sauvage en 2008.*

Destino animado

A raíz de la concesión del Premio Nobel de Química en 2016, concedí docenas de entrevistas a periodistas del mundo entero. No me jacto de ello: la prestigiosa recompensa otorgada por la Academia de las Ciencias de Suecia constituye un tema de actualidad ineludible, que cae cada año como las castañas en otoño, al igual que la operación salida en las autopistas durante el verano.

Yo soy un hombre bastante púdico y discreto por naturaleza, pero, salvo un par de excepciones, no rechacé ninguna de esas solicitudes. En primer lugar por cortesía, y también con la esperanza de llegar, a través de los medios de comunicación, a un público de no especialistas para quienes la química, en el mejor de los casos, no es más que un mal recuerdo del instituto y, en el peor, una ciencia mortífera. No ignoro los estereotipos, la desconfianza o, con mayor seguridad, el absoluto desinterés que provoca la palabra «química» en la mayoría de mis contemporáneos. Si el micrófono que me acercaron entonces ha contribuido a moderar el cliché del alquimista desgredado, que examina con lupa un tubo de ensayo humeante que contiene su última poción, o el del industrial maquiavélico

con un cigarro en los labios, satisfecho de haber hallado una fórmula de su pesticida más tóxica todavía que la precedente, estimo que era un deber solidario del honor que se me rindió.

Ahora bien, esas representaciones distorsionadas no siempre provienen del público, sino a veces de los propios periodistas.

Hasta unos niveles de confusión insospechados.

Dos o tres días después de la entrega del premio, respondí por teléfono desde mi despacho de la Universidad de Estrasburgo a una periodista estadounidense que trabajaba para un medio generalista. Lo menos que cabe decir es que parecía poco apasionada por su tema, en este caso, la naturaleza de los trabajos que me habían granjeado la recompensa. Le solté mi perorata habitual sin prestar excesiva atención. Del otro lado del auricular, mis explicaciones fueron acogidas con silencios circunspectos. Manifiestamente no suscitaban ninguna reacción ni solicitud de aclaración. De repente, al final de la entrevista, mi interlocutora se reactivó y formuló su última pregunta a la manera de una fiera que salta sobre su presa: «¿Está usted seguro de que las moléculas no sufren al ser manipuladas de ese modo?».

El silencio que siguió fue esta vez responsabilidad exclusivamente mía. Lo que se me antojaba una singular pero respetable indiferencia enmascaraba en realidad una hostilidad reprimida. Sin que nadie más se hubiera conmovido hasta entonces, yo me había distinguido por

avances científicos fundamentales, realizados gracias a la colaboración forzosa de millones de moléculas torturadas. Confieso no haber estado preparado para la conmoción de una revelación semejante.

Tras un largo instante de estupefacción y la confirmación de que no se trataba de una broma, tenía dos opciones: lanzarme a darle un curso de ciencia de la vida y de la tierra de nivel de secundaria o poner fin sin más dilación a la conversación. Opté por una tercera vía, consistente en poner punto final al intercambio de manera civilizada, y me contenté con recordarle una verdad científica de solidez comprobada: las moléculas no pertenecen al mundo de lo viviente. No sienten nada. Ni alegría, ni miedo, ni injusticia, ni dolor. No hay ninguna necesidad de recurrir a oscuras teorías; la experiencia de la vida cotidiana aporta la prueba definitiva: no ladran cuando les pisas la cola.

Si esta anécdota merece ser contada aquí, no es para burlarme de esa periodista cuyo anonimato me esmero en preservar. Su comentario ilustra de manera un tanto caricaturesca, si bien clamorosa, una convicción que me acompaña desde entonces: si la química puede considerarse la menos amada de las ciencias fundamentales, es sin duda por ser la más desconocida de todas.

Con un poco de esfuerzo e indulgencia, es posible identificar la fuente de la confusión de aquella periodista y encontrarle circunstancias atenuantes. Las moléculas, esos aglomerados de átomos conectados entre sí mediante

enlaces químicos, componen la materia. Líquidos, sólidos, gases, animales, humanos, taburetes, lámparas de noche... Exceptuando ciertos átomos que pueden hallarse de manera aislada, como el helio, todos son ensamblajes moleculares constituidos por diferentes átomos disponibles en la naturaleza: carbono, hidrógeno, hierro, azufre, fósforo, nitrógeno, etcétera. Organismos vivos u objetos inertes, la lista de los ingredientes básicos es, pues, idéntica. Solo cambia la receta. De ahí esta conclusión contraintuitiva: un organismo vivo está formado por moléculas desprovistas de toda vida. Y es sin duda esta aparente paradoja la que condujo a nuestra periodista a atribuir a las moléculas propiedades de lo viviente que le son ajenas.

Pero, entonces, ¿qué es lo que *da vida* a ciertas estructuras moleculares? ¿Por qué milagro los ensamblajes químicos de las especies que componen el reino de los seres vivos son capaces de animarse? ¿De aprender? ¿De reproducirse?

En suma, ¿qué es lo que da vida a la vida?

En 1953, un estudiante estadounidense, Stanley Miller, intentó resolver este enigma llevando a cabo un experimento que hoy lleva su nombre.

A la sazón estudiante de química en la Universidad de Chicago, hizo la audaz apuesta de consagrar su doctorado a los orígenes de la aparición de la vida sobre la Tierra. Con la ayuda de su brillante director de tesis, Harold Hurey, premio nobel de química en 1934, desarrolló un

experimento encaminado a recrear en el laboratorio las condiciones de la formación de la vida hace cuatro mil millones de años. La experiencia es extremadamente sencilla. Miller comienza vertiendo un poco de agua en el fondo de un matraz. El resto del recipiente está compuesto de una mezcla de gases, de los que por aquel entonces se pensaba que eran mayoritarios en la atmósfera durante la aparición de los primeros organismos vivos: metano, amoníaco e hidrógeno principalmente.¹ Una vez calentado el matraz, el vapor liberado se somete a arcos eléctricos generados por electrodos que simulan el magma de tormentas que azotaba entonces la Tierra. Al analizar las repercusiones de ese diluvio en miniatura en el residuo del agua, Miller descubre la formación de moléculas características de los organismos vivos; cinco de los veinte aminoácidos. Estos agregados de átomos de oxígeno, de hidrógeno, de carbono y de nitrógeno están presentes en cada una de las células de todos los seres vivos conocidos. Son los aminoácidos, unas moléculas bastante simples que sirven para la fabricación de las moléculas mucho más complejas, las proteínas, hormigas obreras de la construcción y del funcionamiento del metabolismo.

Este resultado espectacular le valió a Miller el reconocimiento precoz de sus colegas, pero no el del Premio Nobel, ni siquiera tardío. No obstante, desvela las condiciones necesarias para la aparición de la vida: una mezcla de gases, una potente fuente de energía (las descargas eléctricas, el doctor Frankenstein estaba en lo

cierto) y un líquido con capacidad disolvente (el agua) que facilita las reacciones químicas y favorece, por tanto, la formación de nuevas moléculas. Sin embargo, por muy instructivo que sea, el descubrimiento de esta «sopa original» o «sopa primordial», como se la denomina desde entonces, no resuelve más que una parte del misterio de la eclosión de la vida. Desvela el pliego de condiciones de esta, pero no aclara su mecanismo profundo, ese «truco de magia» que transforma un montón de moléculas inertes en un organismo que nace, se desarrolla, se replica y muere.

Casi setenta años después de ese importante avance, la ciencia sigue sin aportar respuesta a este cuestionamiento milenario. Unos años más tarde, en experimentos similares al de Miller, la adición de CO_2 al cóctel de gases primitivo permitió pescar en la sopa el conjunto de veinte aminoácidos que los organismos vivos necesitan para formarse y subsistir, pero también unas moléculas básicas constitutivas del ADN o del ARN, que contiene el código de fabricación de los aminoácidos y constituye, por tanto, el ladrillo primario de toda vida. En esa misma búsqueda, a mediados de la década de 1980, un químico alemán, Günter von Kiedrowski, logró replicar un segmento de cadena de ADN en una solución en la que se bañaban otras dos cadenas moleculares de composición semejante: era la primera vez que la ciencia lograba generar un fenómeno de autorreplicación. Un paso de gigante que no cambia nada en el fondo del asunto: en el siglo XXI, el ser humano,

pésimo demiurgo, sigue siendo incapaz de fabricar la vida en laboratorio.

Esta búsqueda jamás ha sido mi empresa. De hecho, compete más bien a la biología, la ciencia de la vida, que a la química, la ciencia de la materia y de sus transformaciones.

¿Por qué me parece importante entonces comenzar este libro con esta constatación y con el misterio asociado a ella, a lo que no he dedicado ni un minuto de mi larga carrera?

Porque mi equipo y yo hemos logrado insuflar un sucedáneo de vida a unas moléculas que estaban desprovistas de ella.

Los organismos vivos constituyen máquinas increíblemente sofisticadas. A la escala molecular, que es la del químico, es un espectáculo pasmoso. No hablo aquí ni siquiera del cuerpo humano: una simple bacteria invisible a simple vista encierra una mecánica molecular de una complejidad indescriptible. Cada uno de los numerosos constituyentes de esta bacteria desempeña una función generalmente compleja y bien definida. La célula se comporta, por tanto, como una fábrica de reacciones químicas ultraperfeccionada que funciona veinticuatro horas al día de manera autónoma y de cuyos procesos solo comprendemos hasta el momento una ínfima parte. En comparación con las realizaciones de la naturaleza, las moléculas inertes concebidas por los químicos del siglo XXI en sus sofisticados laboratorios son de una simplicidad casi risible.

Si la cuestión del origen de la vida jamás me ha quitado el sueño, la de los prodigios químicos que rigen su funcionamiento siempre me ha fascinado. Por otro lado, estos dos enigmas se hallan estrechamente relacionados: al formarse y luego al evolucionar, la vida ha sabido desarrollar competencias en química fuera de nuestro alcance, de las que la materia inerte nunca ha juzgado útil preocuparse. Dos de estos prodigios esenciales en el desarrollo de la vida me han ocupado durante una buena parte de mi carrera: la fotosíntesis y uno de sus corolarios, la fotorruptura del agua. Con la ayuda de amigos y colegas científicos, he penetrado en algunos de sus secretos persistentes, lo que me ha valido un cierto reconocimiento.

El reconocimiento supremo que es el Premio Nobel, y mi fabuloso equipo y yo se lo debemos a una proeza que ni siquiera figuraba inicialmente entre los proyectos de investigación de nuestro laboratorio.

Si fabricar la vida sigue siendo una fantasía fuera de nuestro alcance, nuestra intuición nos ha dictado que otro objetivo menos ambicioso, pero igualmente gratificante, era alcanzable: conseguir imitarla.

Ayudados por un sentido compartido de la curiosidad, una pizca de azar y una ambición científica sin complejos, hemos logrado dotar a moléculas inertes de una de las características más comunes del reino de lo viviente: la capacidad de animarse.

Contaré cómo lo hemos conseguido y lo que me han enseñado cuarenta y cinco años pasados en el dormitorio

de la naturaleza.

El bosque del dragón

El lector ávido de psicoanálisis sentirá la tentación de hurgar en mi genealogía o en mi primera infancia a fin de hallar los indicios de cualquier atavismo, si no para los ensamblajes moleculares, al menos para las ciencias. Su búsqueda corre el riesgo de ser vana. Nací el 21 de octubre de 1944 en París, unas semanas después de la Liberación, de la unión de Lydie Angèle Arcelin, ama de casa, y de Camille Sauvage, un exitoso director de orquesta y clarinetista de *jazz*. El lector freudiano tiene aquí algo a lo que aferrarse: con un poco de imaginación, cabe considerar el *jazz* como el arte de improvisar con unas escalas dadas, que apela al mismo espíritu creativo, a la par que ordenado, que el químico que hace malabares con sus combinaciones moleculares. En honor a la verdad, este paralelismo solo me convence a medias.

Mis padres provienen de la pequeña burguesía provinciana, normanda por parte de mi madre, del norte por el lado paterno. Yo soy todavía un bebé cuando se divorcian. Mi padre biológico, de alma bohemia, recobra su libertad de artista, en tanto que mi madre se consuela en