

VIDA Y OBRA



## Linus Pauling, un hombre excepcional

20

Decía Antonio Machado que, por mucho que valga un hombre, nunca tendrá valor más alto que el de ser hombre. Puede que nuestro protagonista, Linus Carl Pauling, no tuviera mayor valor que el de ser hombre, pero no cabe duda que fue un hombre excepcional, y lo fue tanto por su obra como por su vida. Realizar un esbozo de ambas será el objetivo de este breve artículo. De momento, añadiré que pocos científicos han aportado tanto y en tan distintas áreas del saber. Sin duda, Pauling fue uno de los mayores pensadores y visionarios de todos los tiempos, comparable con Galileo, Newton y Einstein.

Pauling nació el 28 de febrero de 1901 en Portland, una ciudad del estado de Oregón, al noroeste de Estados Unidos, donde transcurrió su primer año de vida. En 1902, al nacer su hermana, la familia se ve obligada a abandonar la ciudad, ya que el diminuto apartamento de una única habitación se quedaba estrecho, y no podían costearse una vivienda más espaciosa. Así las cosas, durante los siguientes años, la familia anduvo de aquí para allá, buscando un lugar donde asentarse y un medio con el que ganarse la vida. A la muerte del padre en 1910, la madre, al cuidado de Linus y sus dos hermanas, regresa a Portland, donde Pauling creció en el seno de la iglesia Luterana, aunque muchos años después declararía públicamente su ateísmo.

A la edad de 16 años, Linus ingresa en la Universidad Estatal de Oregón, en aquel entonces llamada Universidad Agrícola de Oregón, donde tiene que compaginar sus estudios con diversos trabajos que le permitan

subsistir. En 1922 se gradúa en Ingeniería Química y se traslada al California Institute of Technology (Caltech) en Pasadena, donde trabajaría empleando la difracción de rayos X para la determinación de la estructura cristalina de diversos minerales.

Como no todo en la vida es trabajo, en 1923 contrae matrimonio con Ava Helen Miller, quien fuera alumna suya de un curso de "Química para Estudiantes de Economía Doméstica", y que a la postre resultaría ser la madre de sus cuatro hijos.

Tras doctorarse en 1925, viaja a Europa donde tendrá ocasión de trabajar con tres pioneros de la química cuántica: Arnold Sommerfeld en Múnich, Niels Bohr en Copenhague y Erwin Schrödinger en Zúrich. A su regreso en 1927 a los Estados Unidos obtiene una plaza en el Caltech, donde comienza la metamorfosis de joven brillante a joven genio. En tan sólo unos pocos años publica más de medio centenar de artículos científicos de primer orden, desarrollando nuevos conceptos, cada uno de los cuales aisladamente hubiera valido para justificar una vida

profesional. Por citar algunos ejemplos que habitan en los libros de textos, nos referiremos a dos trabajos, ambos publicados en 1932.

En el primero de ellos, Pauling concibió la noción de electronegatividad como una medida de la capacidad de un átomo para atraer sobre sí los electrones cuando forma un enlace químico dentro de una molécula. La electronegatividad no se puede medir experimentalmente de forma directa, pero puede determinarse de manera indirecta efectuando cálculos a partir de otras propiedades atómicas y moleculares. Pauling realizó tales cálculos y proporcionó una clasificación de la electronegatividad de la mayoría de los elementos químicos, que conocemos como escala de Pauling (Fig. 1).

En el segundo trabajo, aún más importante si cabe, el joven Pauling desarrolla la teoría de la hibridación de orbitales, la cual permitió justificar las estructuras moleculares y la geometría de los enlaces de muchas sustancias. Por ejemplo, el oxígeno tiene dos electrones desaparea-

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	H 2.1																	He
2	Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	Ne
3	Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ar
4	K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr
5	Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe
6	Cs 0.7	Ba 0.9	Lu	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	Rn
7	Fr 0.7	Ra 0.7	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

Figura 1: Tabla periódica de la electronegatividad usando la escala de Pauling.



dos en sendos orbitales p. Cuando este elemento se combina con dos átomos de hidrógeno para formar una molécula de agua, se esperaría un ángulo de enlace de  $90^\circ$  ya que los orbitales p son perpendiculares entre sí. Sin embargo, las observaciones experimentales, tozudamente señalan un ángulo de  $104,5^\circ$ . Para justificar ésta y muchas otras observaciones similares, Pauling propuso un procedimiento matemático que implicaba la combinación de las funciones de onda individuales para los orbitales atómicos, a fin de obtener funciones de ondas para los nuevos orbitales híbridos, con diferentes formas y orientaciones. Siguiendo con el ejemplo de la molécula de agua, el orbital s y los tres orbitales p, de la capa de valencia del átomo de oxígeno, se hibridan para dar lugar a cuatro nuevos orbitales híbridos, que llamamos orbitales  $sp^3$ , y que se disponen tetraédricamente. Así, la geometría de la molécula de agua resultante queda justificada. Aquí es pertinente recordar que la geometría electrónica de una molécula determina sus propiedades, incluida su reactividad, por lo que la comprensión de la misma es fundamental para químicos y biólogos (Fig. 2).

En esta época, Pauling conoció y trabó amistad con el físico Robert Oppenheimer (popularmente conocido como el padre de la bomba atómica, ya que dirigió el proyecto Manhattan). Juntos planearon desvelar los secretos del enlace químico. Oppenheimer aportaría las matemáticas y Pauling la interpretación química. Sin embargo, tal proyecto y la amistad entre ambos se malogró cuando el físico mostró tanto o más interés por la mujer de Linus que por los enlaces covalentes.

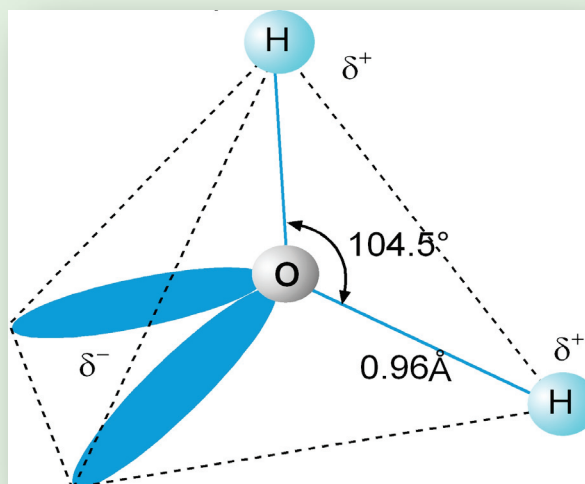
¿Qué habría podido surgir de

la conjunción de dos mentes privilegiadas de no haber mediado tan básicos instintos? La respuesta a esta cuestión pertenece al ámbito de lo que pudo haber sido y nunca fue. Volviendo al mundo de los hechos, en 1939 Pauling publica en solitario sus teorías sobre el enlace atómico, recogidas en un libro titulado *The Nature of Chemical Bond*, considerado uno de los textos más trascendentes del siglo XX, y que, sin duda, ejerció una tremenda influencia en la comunidad científica, como lo atestigua el hecho de que en las tres décadas siguientes a su primera edición, esta obra había sido citada más de 16000 veces por otros autores.

A mediados de la década de 1930, empieza a despertarse en Pauling un interés por las biomoléculas, quizás influido por la creciente fortaleza del Caltech en el ámbito de la Biología y la cercanía de biólogos de la talla de Thomas Hunt Morgan ó Theodosius Dobszhanski, entre otros; lo cual me trae al recuer-

do las palabras de Don Santiago Ramón y Cajal: "los genios, como las cumbres más elevadas, surgen solamente en las cordilleras". En cualquier caso, en 1940, Pauling en colaboración con el físico reconvertido a biólogo Max Delbrück, desarrolló el concepto de complementariedad molecular en la interacción antígeno-anticuerpo. La complementariedad geométrica entre biomoléculas (como mano que encaja en un guante), era, en opinión de Linus, uno de los secretos de la vida. De hecho, en 1946, siete años antes de que James Watson y Francis Crick publicaran la estructura de la doble hélice de ADN, Pauling conjeturó que el gen podría tratarse de hebras mutuamente complementarias.

Terminada la segunda guerra mundial, Linus toma una postura política comprometida con el pacifismo, advirtiendo de los riesgos del desarrollo de armamento nuclear, incluido el perjuicio que para la salud de sus compatriotas tenían las pruebas



**Figura 2: Hibridación de orbitales.** En la molécula de agua, el oxígeno presenta en su capa de valencia 4 orbitales híbridos  $sp^3$ , que se orientan hacia los vértices de un tetraedro. Dos de ellos se solapan con los orbitales s de sendos átomos de hidrógeno para formar enlaces covalentes, los otros dos restantes contienen pares de electrones no enlazantes.



22

**Figura 3: Pauling en su faceta de activista social.** Se cuenta que en cierta ocasión el señor y la señora Pauling fueron invitados a una recepción en la Casa Blanca, y antes de acudir aprovecharon para manifestarse a las puertas de la misma.

nucleares realizadas por Estados Unidos (Fig. 3). Este posicionamiento puede parecernos hoy día tan sólo un gesto, pero hay que recordar el ambiente que imperaba en la sociedad norteamericana durante los años 50, durante la cruzada anticomunista y la “caza de brujas” del infame senador McCarthy. De hecho, Pauling fue amenazado repetidas veces con el encarcelamiento, fue difamado en la prensa, y sufrió la animadversión de muchos de sus colegas de Caltech y de muchas otras instituciones. Es famoso el episodio en el que el Departamento de Estado le retiró el pasaporte, impidiéndole viajar fuera del país cuando pretendía asistir a una reunión científica en Londres. No falta quien piense que, de habersele permitido asistir a dicha reunión, posiblemente, la doble hélice de Watson y Crick sería hoy día la doble hélice de Pauling.

Efectivamente, a principio de los cincuenta Pauling se decidió

América”. Si se me permite introducir una opinión personal, diré que siempre me ha llamado la atención la facilidad con la que los autoproclamados “patriotas” confunden los intereses de la patria con los suyos propios. En cualquier caso, Pauling no pudo salir del país y perdió la oportunidad de ver las fotografías de Wilkins y Franklin.

Si estuvo cerca de la hélice de ADN, acertó de pleno con otra hélice: la hélice alfa de las proteínas. En 1951, el mismo día que Linus cumplía 50 años de edad, el propio Pauling junto con Robert Corey, un tímido, talentoso y paciente cristalógrafo, y Herman Branson, un físico afroamericano que se encontraba de sabático en el laboratorio de Pauling, mandan a la revista PNAS un manuscrito en el que describían con sorprendente precisión la estructura de la hélice alfa de las cadenas polipeptídicas. Es de resaltar el hecho de que el modelo fuera propuesto

a investigar el ADN. Para ello solicitó formalmente a Wilkins las fotografías obtenidas por difracción de rayos X, recibiendo una escueta respuesta: No. No obstante, tuvo otra oportunidad. A finales de 1951 fue invitado a una reunión de la Royal Society de Londres. Sin embargo, Pauling se encontró con el siguiente comunicado del Departamento de Estado: “su viaje va en contra de los intereses de los Estados Unidos de América”. casi una década antes de que Max Perutz resolviera por primera vez, mediante difracción de rayos X, la estructura de una proteína. Entonces, ¿cómo dieron con el modelo correcto?. Una consideración importante que les condujo al modelo correcto fue la siguiente. La resonancia que afecta al enlace peptídico y que le confiere un carácter parcial de doble enlace, impone que los 6 átomos del enlace peptídico sean co-planares (estén en un mismo plano). Esta restricción limitaba considerablemente el número de estructuras posibles. En cualquier caso, la noticia del modelo de Pauling cayó como una bomba en el Departamento de Física de la Universidad de Cambridge, donde Bragg, Kendrew y Perutz trataban de desentrañar como se pliegan las cadena polipeptídicas. Sin embargo, éstos habían pasado por alto el fenómeno de la resonancia. En esa época, Alexander Todd dirigía el Departamento de Química Orgánica en Cambridge, que se ubicaba a unos pocos metros del laboratorio de Bragg. Todd recordaría años más tarde como, a pesar de la proximidad, Bragg nunca había pisado los laboratorios de química hasta que un día, poco después de la publicación del modelo de Pauling, se precipitó en su despacho en cierto estado de agitación mental, llevando en la mano una copia del hoy día histórico artículo. Bragg preguntó a Todd qué opinión le merecía. Todd respondió que ningún químico orgánico discutiría las premisas sobre las que se había construido dicho modelo, añadiendo que podría haberle advertido sobre la resonancia mucho antes, a poco que Bragg le hubiera dado alguna ocasión.

El descubrimiento de la hélice



ce alfa, como todos los grandes descubrimientos, no estuvo exento de una cierta polémica, aunque bien es cierto que de tono menor. El caso es que una vez reconocida la importancia del hallazgo, Linus contó que la idea le surgió durante un resfriado que lo retuvo en cama. Aburrido pronto de las novelas policíacas, se dedicó a dibujar en un papel los enlaces peptídicos que forman los aminoácidos en las cadenas polipeptídicas. Después, empezó a plegar el papel, buscando la forma en que los átomos implicados estuvieran bien orientados para formar puentes de hidrógenos (necesarios para estabilizar la estructura formada) y de esta forma, según la versión de Linus, emergió la estructura que conocemos desde entonces como hélice alfa. En el enlace de *Youtube* suministrado al final de este artículo se puede ver un vídeo en el que el propio Linus nos cuenta lo que acabo de relatar. Por lo visto, este relato molestó profundamente a Herman Branson, ya que según él, Linus minimizaba la contribución que el propio Herman había realizado. En 1984 Branson escribió a los biógrafos de Pauling para indicar su malestar por la versión ofrecida por Pauling, ya que el descubrimiento, según Branson, no se realizó doblando pedazos de papel, sino gracias a sus habilidades matemáticas para determinar posibles estructuras helicoidales que estuvieran de acuerdo con el conjunto de restricciones que Pauling había establecido. Sea como fuere, los tres hombres, Pauling, Corey y Branson, inscribieron sus nombres en la Historia.

En el mismo año, Pauling y Corey proponen el modelo, que resultaría igualmente correcto, de lámina beta. Dos años antes, en colaboración con otros científicos, Pauling había publicado un artículo en la revista *Science* donde se proponía que la anemia falciforme era una enferme-

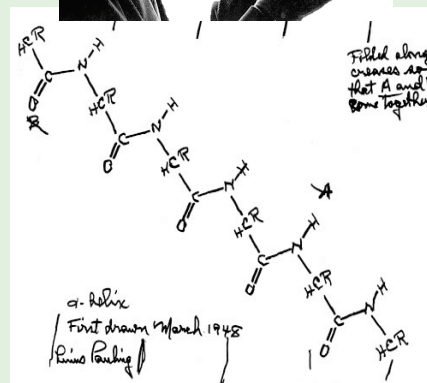
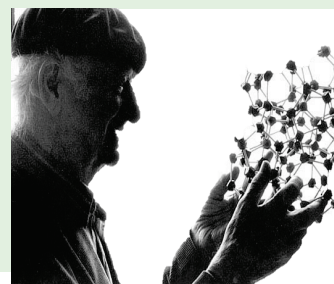
dad molecular, ya que habían observado que la hemoglobina de los pacientes afectados mostraba una movilidad electroforética distinta. Resulta admirable tanta intuición y creatividad científica justo en los años en que arreciaba el chaparrón a causa de su compromiso social. El pasaporte que había perdido en 1952 no fue restaurado hasta 1954, poco antes de partir a Estocolmo, a recibir el Premio Nobel de Química. En 1962, Pauling realizaría otro viaje, esta vez a Oslo, para recoger su segundo Premio Nobel, ahora el de la Paz. Sin embargo, las hostilidades contra la persona de Pauling no cesarían. Cuando se anunció el premio, el Departamento de Química del Caltech no se molestó en felicitar a su destacado miembro, ya que la dirección del Caltech estaba incómoda con las actividades políticas de Pauling. La desaprobación institucional sobre el activismo de Pauling, motivó que éste renunciara a su puesto en el Caltech a mediados de los sesenta, y se trasladara a la Universidad de California primero, y después a la Universidad de Stanford donde permaneció hasta 1973, año en el que funda, junto con otros colegas, el Instituto de Medicina Ortomolecular en Menlo Park (California), que posteriormente cambiaría su nombre a Instituto Linus Pauling de Ciencia y Medicina, y se trasladaría a Oregón para formar parte de la Universidad Estatal de Oregón. En los años sucesivos a la fundación de dicho instituto y hasta su muerte en 1994, Pauling se convertiría en un entusiasta defensor del uso de la vitamina C para promover la salud humana.

Para concluir, me gustaría añadir unas palabras de disculpa con las que trato de excusar mi torpeza. Linus Pauling tuvo una larga e intensa vida. Fue un científico prolífico y muy versátil, siendo autor de más de 1000 publicaciones, en campos tan diversos como la química cuántica, la química

inorgánica y orgánica, la metalurgia, la anestesiología, la psicología, la química nuclear, la ingeniería, la bioquímica, etc, etc. Además de ser un infatigable activista social. En resumidas cuentas, no resulta fácil reflejar una vida tan rica en las pocas palabras que configuran un artículo de divulgación. Por este motivo, admito haber renunciado a tal propósito y me he contentado con seleccionar algunos de los descubrimientos entre los muchos que Pauling realizara a lo largo de su vida. Son, como puede imaginar el lector, muchos otros, no menos trascendentes que los aquí seleccionados, los que se han quedado en el tintero. Por ello pido disculpas y animo al lector a indagar sobre la vida de este genio llamado Linus Carl Pauling, sin duda, un hombre excepcional.

#### Enlace a Youtube:

[www.youtube.com/watch?v=WpAI1LOKk](http://www.youtube.com/watch?v=WpAI1LOKk)

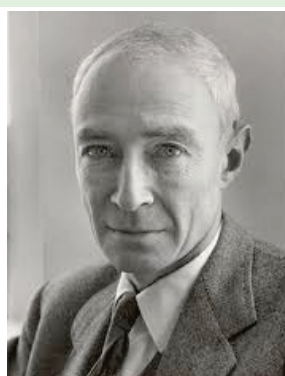




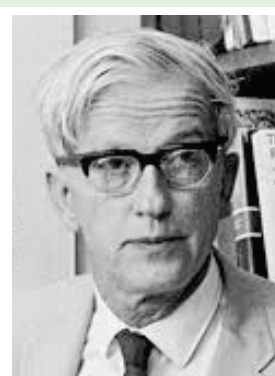
Linus Pauling  
(1901-1994)



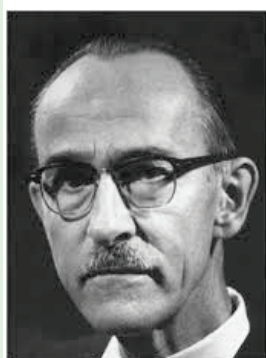
Ava Helen Miller  
(1903-1981)



Robert Oppenheimer  
(1904-1967)



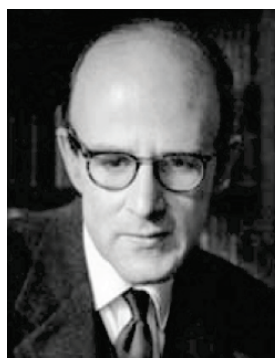
Max Delbrück  
(1906-1981)



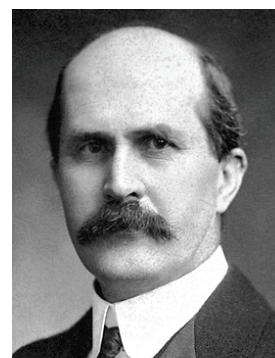
Robert Corey  
(1897-1971)



Herman Branson  
(1914-1995)



Max Perutz  
(1914-2002)



William Bragg  
(1890-1971)

**Figura 4: El rostro de algunos de los protagonistas**

**Notas:**

1. Fue el nombre en clave de un desarrollo científico efectuado en forma conjunta por los Estados Unidos, el Reino Unido y Canadá durante la Segunda Guerra Mundial. El objetivo final de este proyecto era, por supuesto, desarrollar una bomba nuclear antes que Alemania.
2. En "Reglas y consejos sobre investigación científica: los tónicos de la voluntad" de Santiago Ramón y Cajal. Aclarar que el propio Ramón y Cajal fue una honrosa excepción a esta máxima.
3. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
4. Pauling L, Corey RB & Branson HR. The structure of proteins: two hydrogen-bonded configurations of the polypeptid chain (1951) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 37:205-211.
5. Eisenberg D. The discovery of the alpha-helix and beta-sheet, the principal structural features of proteins (2003). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100:11207-11210.
6. Éste es un término acuñado por Pauling. La medicina ortomolecular propone promover la salud mediante la suplementación nutricional de compuestos deficitarios en el organismo.