

LINUS PAULING FRENTE A ATENEA: LOS FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS DE LA CIENCIA DE PAULING

FRANCISCO JAVIER SERRANO BOSQUET
Instituto Tecnológico de Monterrey (México)

Resumen

La obra científica de Linus Pauling y todo cuanto se ha escrito sobre él ha contribuido a crear una imagen del científico estadounidense caracterizada por la discontinuidad y la fragmentación. Sin embargo, a lo largo de este trabajo se intentará ver si, bajo toda esa aparente diversidad, es posible encontrar una posición epistemológica y ontológica, una determinada concepción de la Naturaleza o la ciencia, que nos permita hablar de una unidad y estructura presente a lo largo de toda su obra científica.

Abstract

Although Linus Pauling's scientific work and everything that has been written on him has contributed to create an image of the American scientist, characterized by discontinuity and fragmentation, we will try to see under all this apparent diversity, if it is possible to find an epistemological and an ontological position, a certain conception of Nature or science that allows us to speak about a unit and a present structure along all his scientific work.

Palabras clave: Linus Pauling, Filosofía de la ciencia, Siglo XX.

Keywords: Linus Pauling, Philosophy of Science, 20th Century.

Recibido el 19 de febrero de 2010 – Aceptado el 30 de noviembre de 2010

1. INTRODUCCIÓN

Al conocedor de la vida y obra de Linus Pauling, señalado por muchos autores como el químico más importante del siglo XX [DUNITZ, 1996, p. 317], puede llamarle la atención un intento de exploración que tenga como fin descubrir las posibles dimensiones epistemológicas, ontológicas y metodológicas de su trabajo científico. Máxime, cuando se trata de la obra de un investigador que, en varias ocasiones, reconoció su poca afición por la filosofía [MARINACCI, 1995, p. 86]. Sabedor de muchos otros casos similares en la historia de la ciencia en los que, a pesar de las confesiones del científico, el filósofo es capaz de encontrar a través de la obra completa

del investigador *una posición* epistemológica y ontológica, *una preocupación* por la finalidad de la ciencia y el tipo de conocimiento que obtenemos a través de ella, se sienta en esta ocasión a Linus Pauling frente a Atenea¹. Se trata, por consiguiente, de poner a Linus Pauling frente a la diosa de la sabiduría con el fin de encontrar aquellos fundamentos filosóficos sobre los que el químico de Portland² levantó —consciente o inconscientemente, intencionalmente o no— su obra científica.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que buscar una constante de este tipo, una serie de elementos que nos permita hablar de una unidad y una estructura siempre presente podría parecer, en el caso de Pauling, una tarea condenada al fracaso desde el inicio. Y es que si hay algo que caracteriza su trabajo científico es su extraordinaria heterogeneidad temática y disciplinaria, así como los numerosos saltos y giros que dio a sus investigaciones; de la química estructural inorgánica pasó al estudio de la hemoglobina; del problema de la desnaturalización de las proteínas, al desarrollo de la inmunología; del estudio de la estructura helicoidal de las proteínas, al ADN; y, de éste, al estudio ortomolecular de enfermedades mentales y somáticas. Ahora bien, a pesar de las constantes rupturas y de los saltos temáticos que observamos en sus investigaciones, ¿podemos encontrar un hilo conductor que le dé coherencia interna a toda su obra bajo una determinada concepción de la Naturaleza, del papel de la ciencia y del método científico? Y de ser afirmativa la respuesta, ¿cuál sería la posición epistemológica, ontológica y metodológica que subyace bajo sus investigaciones químicas y biomédicas? ¿Cuál sería entonces la respuesta de Pauling ante las cuestiones clásicas que la filosofía de la ciencia suele plantearse en torno a la naturaleza y fin de la ciencia, así como el tipo de conocimiento que ésta nos brinda? ¿Cómo entendería el químico de Portland la realidad y el tipo de acceso que tenemos a la misma a través de la ciencia? ¿Cuál sería entonces el método que ha de seguir el científico y cuáles serían sus limitaciones?

Para poder responder a estas cuestiones, se hace necesario tener presentes algunas notas elementales de su obra científica, atendiendo de forma muy general a los dos ámbitos bajo los cuáles sus investigaciones se desarrollaron: la química estructural moderna y las ciencias biomédicas.

2. LINUS PAULING Y EL NACIMIENTO DE LA QUÍMICA ESTRUCTURAL MODERNA

A la hora de dar cuenta y valorar la importancia de la obra científica de Linus Pauling³ es importante comenzar señalando, por un lado, la cuidadosa distinción que siempre llevó a cabo de los distintos tipos de enlaces químicos existentes⁴, por otro lado, la forma en la que todo su trabajo científico estuvo marcado por una temprana intuición⁵: la existencia de una relación directa entre la estructura de las moléculas, su comportamiento y sus propiedades. Guiado por esta percepción y por quien fuera su primer mentor (Arthur Noyes), Linus Pauling consiguió, siendo aún estudiante de doctorado, resolver junto a su tutor Roscoe Gilkey Dickinson la

estructura atómica de varios cristales. Estos hallazgos fueron posibles gracias al empleo de la cristalografía, metodología formalizada poco antes por los Bragg⁶, introducida en EEUU por Noyes y desarrollada en el Instituto Tecnológico de California⁷ por Dickinson. Sin embargo, a pesar del rápido dominio de esta técnica, Linus Pauling no se mostraba completamente satisfecho con su trabajo. Para él no bastaba con una aproximación descriptiva de la estructura molecular, era necesario el desarrollo de una nueva forma de comprender la estructura de las moléculas desde su nivel más bajo, desde las leyes básicas de la naturaleza. Así como las propiedades que observamos en la materia vienen dadas por las leyes responsables de la estructura molecular, el secreto de estas formas debía depender de la unidad última a partir de la cual se constituyen las moléculas. Por consiguiente —vendría a decir Pauling—, el secreto de la estructura molecular debía alcanzarse a partir de una comprensión previa de la naturaleza de los átomos que forman las moléculas⁸.

Testigo privilegiado del desarrollo y evolución de la mecánica cuántica⁹, Pauling fue una de las primeras personas en aplicar la nueva Mecánica Ondulatoria de Schrödinger a la resolución de los dos problemas más importantes con los que tenía que vérselas la química de primera mitad del siglo XX: la estructura molecular y la naturaleza del enlace químico. Con el propósito de resolver ambas cuestiones, Pauling trabajó tenazmente durante doce años (entre 1927 y 1939) en el desarrollo de una teoría (*Teoría del enlace químico*) que contribuyera al paso de la química descriptiva, en la que había sido educado, a una nueva química estructural basada en la nueva mecánica cuántica. Nacía así la química cuántica¹⁰. Durante este periodo trabajó con sus colaboradores sobre la estructura de más de doscientas sustancias y publicó más de tres libros y dieciocho artículos. Se trataron de obras tan importantes para la ciencia del siglo XX como «The Shared-electron Chemical Bond» [PAULING, 1928]¹¹; «The Principles Determining the Structure of Complex Ionic Crystals» [PAULING, 1929]¹² o *Introduction to Quantum Mechanics* [PAULING y WILSON, 1935]¹³. Ahora bien, por encima de todos sus trabajos hay que destacar la serie de artículos y el libro que, bajo el mismo título, *The Nature of the Chemical Bond*¹⁴, vendrían a resolver el problema de la estructura tetraédrica del átomo de carbono¹⁵ dando a luz una nueva manera de mirar las moléculas y los cristales [DUNITZ, 2001, p. 81], una nueva química reconocida por muchos autores como la *nueva química estructural*. Es precisamente en el primero de esta serie de artículos [PAULING, 1931] en donde encontramos expuesta la teoría del enlace químico de Pauling. Teoría que, basada en la mecánica cuántica y completada por la teoría de John C. Slater, vendría a conocerse inicialmente como *teoría de Heitler-London-Slater-Pauling (HLSP) del enlace químico* y, posteriormente, como *teoría del enlace de valencia*¹⁶.

Gracias a Pauling, por primera vez en la historia la química era explicada no como una colección de hechos vinculados por medio de prácticas en el laboratorio, sino como un campo unificado por medio de una teoría física subyacente: las ideas mecánico-cuánticas aplicadas al enlace químico. Pauling fue capaz de mostrar paso

a paso cómo la nueva física explicaba el enlace químico, cómo estos enlaces explicaban la estructura de las moléculas y cómo estas estructuras explicaban sus propiedades y su comportamiento. Vemos así cómo el trabajo de Linus Pauling constituyó una pieza clave en la transformación y fundamentación de la química del siglo XX, en el paso de la vieja química descriptiva a una nueva química estructural basada en la nueva concepción de átomo.

3. UN GIRO HACIA EL ESTUDIO DE LA VIDA

Este giro no fue ni casual ni homogéneo, sino que Pauling fue respondiendo en cada momento a las exigencias y necesidades que tanto la misma investigación le indicaba como el contexto económico, institucional, histórico y social le imponía. Sus primeros trabajos en este nuevo ámbito estuvieron centrados en el estudio de la estructura de proteínas como la hemoglobina, estudios que, a la postre, resultaron fundamentales para el nacimiento de la biología molecular. En un segundo momento el químico estadounidense dedicó sus esfuerzos a la comprensión molecular de la naturaleza y comportamiento de los anticuerpos. Gracias a estos trabajos se pudo explicar por primera vez una enfermedad —la anemia falciforme— como consecuencia de una alteración en la estructura de una molécula. Criticados y condenados por muchos de los principales actores implicados en la investigación médica, los trabajos de Linus Pauling en el ámbito de la medicina ortomolecular constituyeron su tercera etapa de investigación biomédica. Fueron trabajos que si bien hoy en día pueden resultarnos susceptibles de poca controversia¹⁷, fue mucha la que provocaron durante la década de 1960.

Pero, ¿qué llevó a Pauling a dar este salto desde la química a la biología y la medicina? Hemos mencionado que fueron varias razones las que le impulsaron a hacerlo. Desde el punto de vista científico, la aplicación de «sus» reglas a la determinación de estructuras moleculares cristalinas cada vez más complejas y la obtención de buenos resultados, le animaron a dar un salto al ámbito de las ciencias de la vida buscando nuevos retos. Decisivo fue, no obstante, el dinero que se le prometió desde la *Fundación Rockefeller*¹⁸ si redirigía sus esfuerzos al estudio estructural de sustancias orgánicas como la hemoglobina. La elección de esta proteína fue fundamental en varios sentidos. En primer lugar hay que señalar que no se eligió al azar, por casualidad, sino que había razones en su estructura y su naturaleza que la hacían idónea¹⁹. En segundo lugar, esta proteína representa perfectamente el lugar que ocupó Linus Pauling en el ámbito de las ciencias de la vida: siempre a medio camino entre la biología y la medicina.

3.1. Contribución de Linus Pauling al nacimiento de la biología molecular

El inicio de los trabajos de Linus Pauling en el ámbito de las ciencias de la vida hay que situarlo en aquellas investigaciones que llevó a cabo junto a Charles Coryell

en 1935 sobre la estructura de la hemoglobina. En sólo un año Pauling y Coryell fueron capaces de describir algunas de las más diminutas y finas características estructurales de esta proteína, entre ellas la forma en la que se combinaba con el oxígeno [PAULING y CORYELL, 1936]. Pero el principal logro que obtuvieron fue la resolución de uno de los problemas fundamentales con los que tenía que enfrentarse la biología: el fenómeno de *desnaturalización* de las proteínas, la facilidad que éstas presentan para romperse o cambiar: un poco de calor, la presencia de un ácido o alcaloide, así como la agitación mecánica parecían alterar sus propiedades y actividades. Pauling no sólo dio con la respuesta a este fenómeno, sino que a través de sus investigaciones sobre el mismo, abrió las puertas a una nueva manera de llevar a cabo la investigación biológica. Basándose en la existencia de dos tipos de enlaces, los débiles (enlace de hidrógeno o de Van der Waals) y los fuertes (enlace covalente o enlace de valencia)²⁰ resolvió el proceso de desnaturalización de las proteínas y permitió, a su vez, comprender la estructura primaria de las mismas²¹. Con estos trabajos inauguraba y demostraba el valor del enfoque estructural en el estudio de las moléculas biológicas. Enfoque que resultó clave, una excelente fuente de inspiración tanto desde el punto de vista material (experimentos, datos, la confianza en las leyes de la química estructural,...) como metodológico (empleo de estudios de difracción por medio de rayos X y la introducción de su método indirecto) para el nacimiento y desarrollo de la biología molecular, tal y como se constató durante la polémica (y a veces loca como señaló el mismo Francis Crick [1993]) carrera por el descubrimiento de la estructura del ADN. Polémica sobre todo en su tramo final, cuando en 1953 James Watson y Francis Crick propusieron la estructura helicoidal²².

3.2. El nacimiento de la medicina y la inmunología molecular

Pero los trabajos de Linus Pauling relacionados con la biología y la medicina tan sólo comenzaban. En 1936, durante la presentación que llevó a cabo junto a Corey en el «Rockefeller Institute for Medical Research» de los resultados obtenidos, Pauling conoció al Dr. Kart Landsteiner²³ quien, con tesón y gran determinación, terminó por arrastrarle hacia el campo de la química inmunológica y el desarrollo de un programa de investigación médica. A partir de la recuperación de la idea de complementariedad (idea desarrollada inicialmente en el siglo XIX) y su aplicación a la inmunología, Pauling y Landsteiner hicieron decisivos avances en la comprensión de la especificidad biológica y el conocimiento del funcionamiento biológico. Ahora bien ¿qué importancia, qué novedad introducía esta nueva perspectiva en el estudio y aplicación práctica de la inmunología? Desde el punto de vista práctico, la idea de complementariedad hacía posible la creación de anticuerpos artificiales en el laboratorio de forma fácil, limpia y barata a gran escala. Desde el punto de vista metodológico, Pauling llevó a cabo una reformulación de la manera en la que el científico debía plantearse las preguntas fundamentales. Frente a la propuesta de Landsteiner, para quien el científico se debía preguntar «¿Qué nos fuerzan a creer esas observaciones experimentales sobre la naturaleza del mundo?», Pauling invitaba a pregun-

tarse «¿Cuál es la imagen del mundo más simple, general e intelectualmente satisfactoria que podemos construir que dé cuenta de las observaciones hechas y no sea incompatible con ellas?»²⁴.

3.3. Medicina molecular y ortomolecular

Bajo esta nueva perspectiva y forma de cuestionarse, Pauling ayudó a la constitución de un nuevo tipo de medicina; la medicina molecular, cuyo primer logro fue el descubrimiento que él mismo hizo junto a Harvey, Itano, Singer y Wells de las causas moleculares de la anemia falciforme. En el artículo de 1949 «Sickle-cell Anemia, a Molecular Disease» este equipo demostró por primera vez que una enfermedad podía estar provocada por una alteración en la estructura molecular y que su base podía ser (como era el caso) hereditaria. Se producía así no sólo el nacimiento oficial de la medicina molecular sino que se consolidaba además la biología molecular.

Sin embargo, parte de la extraordinaria reputación de la que Linus Pauling comenzaba a disfrutar entre algunos sectores médicos²⁵ se empezaría a venir abajo a raíz de su incursión en la medicina ortomolecular. Más allá de las acusaciones de intrusión de las que fue objeto, el nuevo modelo se construía sobre principios epistemológicos y metodológicos que, ajenos a la práctica médica común, tenían importantes consecuencias tanto clínicas como terapéuticas²⁶. Al señalarse que algunas enfermedades y desajustes tanto mentales como somáticos podían tener un origen químico (es decir eran resultado de un desequilibrio químico) y no psicológico, la tarea del médico —desde el punto de vista clínico— podía facilitarse enormemente: a la hora de llevar a cabo su diagnóstico, el médico tan sólo tenía que comparar los niveles de concentración de distintas sustancias fundamentales, que encontramos por ejemplo en la sangre o la orina, con tablas de «normalidad» previamente diseñadas. Desde el punto de vista terapéutico, Pauling proponía que, una vez encontrada una o varias sustancias con niveles de concentración no recomendados, el médico debía diseñar un procedimiento que permitiera al paciente recuperar los niveles químicos apropiados. Esta recuperación podía hacerse según Pauling a través de la alimentación (importancia preventiva de la dieta) o la aplicación de megadosis de determinadas sustancias, principalmente vitaminas. De esa manera —vendría a decir—, si muchos de los desórdenes fisiológicos y psíquicos tienen un origen bioquímico y fisiológico, muchos problemas de salud —tanto mentales como físicos— pueden ser tratados exitosamente a través de la administración de una combinación particular de micronutrientes y de una dieta regulada.

4. RUPTURAS Y CONTINUIDADES EN LA OBRA DE LINUS PAULING

Vistas ya algunas de las aportaciones más importantes que hizo Linus Pauling en los campos de la química estructural, la biología y la medicina, ¿podemos encontrar —tal y como nos habíamos propuesto inicialmente— un hilo conductor que le dé cohe-

rencia interna a toda su obra? ¿Podemos hablar de una determinada posición epistemológica, ontológica y metodológica presente a lo largo de todo su trabajo científico?

4.1. La concepción de ciencia en Linus Pauling

En octubre de 1937 Pauling comenzaba su primera lectura formal como *George Fisher Baker Nonresident Professor of Chemistry* titulada «The Significance of Structural Chemistry» con las siguientes palabras:

«Tras revisar los anteriores libros publicados de las *Baker Lecturers* he podido ver que en muchas ocasiones los conferencistas habían elegido como tema introductorio alguna cuestión filosófica, económica o política. Después de mucho pensar abandoné la idea de hacer esto. En parte porque no he podido encontrar algún asunto en torno al cual me sintiera capaz de hacer una contribución significativa. Al recordar, no obstante, la declaración de Aristóteles «los hombres maduros deben ser políticos, los hombres jóvenes matemáticos», he decidido hablar sobre la química estructural, a la cual he dedicado la mayor parte de mi atención profesional en los últimos 15 años.

En su *Mathematical Theory of Relativity*, Eddington afirmó que «la investigación del mundo externo por parte de la física es más una búsqueda de la estructura que de la sustancia». Esto es cierto no sólo para los físicos, sino para todo investigador científico...» [MARINACCI, 1995, pp. 86-7]²⁷.

En esta pequeña introducción encontramos importantes aportaciones a la definición y forma de entender la finalidad de la ciencia. El científico, incluido por supuesto el químico, ha de encargarse según Pauling no tanto del estudio y definición de «sustancias», sino que ha de buscar la estructura del universo. Como el mismo Pauling llegó a señalar [PAULING, 1947, p. IX (Prólogo del autor a la primera edición)]²⁸, el paradigma químico del primer tercio del siglo XX —y bajo el cual él mismo había sido educado—, era el de una química descriptiva: el alumno y futuro químico debía aprender, memorizar y reconocer las distintas propiedades de cada elemento y compuesto químico²⁹. Frente a esta noción «esencialista» de la química —ya que la atención estaba centrada en los elementos y en las sustancias— la obra de Pauling estuvo marcada por la temprana intuición estructuralista a la que hicimos alusión antes.

Influido por la química estructural del siglo XIX, Pauling diría que el fin de la ciencia —del químico en particular— es el estudio de las propiedades de la materia en función de sus átomos y moléculas, de la *relación geométrica real* que se da entre sus distintas partes [PAULING, 1947, p. 3]. Esta concepción de la química le relaciona no sólo con la química estructural del siglo anterior, sino que nos permite remontarnos hasta la física-geométrica de Galileo e, incluso, ir más allá: frente a la filosofía de la materia desarrollada por los jonios, los pitagóricos definieron una filosofía de la forma donde la prioridad debía darse a:

«[L]as nociones de orden, proporción y medida, es decir, ... a las diferencias *cuantitativas*. Cada cosa particular es lo que es, no por sus elementos naturales (que son los mismos en todas) sino por la proporción en que estos elementos se combinan, y puesto que es por dicha proporción por lo que una

clase de cosas difiere de otras, afirmaban [los pitagóricos] que esto, o sea la ley de su estructura, es la cosa esencial que hay que descubrir para comprenderlas. La importancia pasa de la materia a la forma, la estructura es lo esencial, y esa estructura puede ser expresada numéricamente, en términos de cantidad.» [GUTHRIE, 2005, p. 50].

Vemos así cómo desde una orientación pitagórica, lo *real* es la armonía matemática que está presente en la naturaleza, residiendo en el conocimiento de este orden la comprensión de la estructura formal del universo. De esa forma, las relaciones matemáticas a las que se ajustan los fenómenos constituyen la explicación *causal* y no sólo *descriptiva* o *instrumental*³⁰. Es no obstante en Platón donde podemos encontrar una exposición más clara de un tipo de pensamiento que, heredero del pitagorismo, estableció las bases de un tipo de pensamiento que llegaría hasta Pauling³¹. La necesidad de encontrar las regularidades, armonías, orden, simplicidad y simetrías ocultas en la Naturaleza que propone Platón, guió la física de Galileo, las leyes del movimiento planetario de Kepler, así como la química del siglo XIX, hasta alcanzar la obra de Linus Pauling. Pero, ¿cómo conocer la Naturaleza? ¿Cómo dar cuenta de su regularidad, simetría y orden? La clave está —como diría Galileo— en las matemáticas. Ahora bien, ¿bajo qué modelo matemático y lógico?

En su obra más importante, *The Nature of the Chemical Bond* [PAULING, 1939], vemos cómo Pauling señala que el formalismo lógico y matemático a seguir es el que encontramos en la mecánica cuántica. Ahora bien, esta aceptación no surge de manera ni gratuita ni neutral. Por el contrario, está en completa sintonía con el espíritu de unificación de las ciencias que entonces se vivía y que el neopositivismo, entre otras corrientes, venía proponiendo; un espíritu bajo el cual se intentaba construir una gran ciencia que abarcara todos los conocimientos proporcionados por las diferentes ciencias inspiradas, finalmente, en el nuevo modelo de ciencia que se desprendía desde la Mecánica Cuántica. Bajo dicha concepción fiscalista, en la que se supone que toda disciplina que quisiera considerarse científica —como era el caso de la química— debía ser axiomatizada total o parcialmente, la química no debía ser explicada en términos de representaciones gráficas, sino en un lenguaje afín al de las ecuaciones de Schrödinger. Así, la nueva química estructural debía levantarse sobre el nuevo formalismo matemático y lógico de la mecánica cuántica. Ahora bien, ¿qué papel debían jugar las matemáticas? ¿Debían considerarse como simples artificios que permitieran salvar las apariencias, dar cuenta de los experimentos hechos y permitir hacer buenas predicciones? O ¿Debían dar cuenta de la estructura real y de las propiedades así como del comportamiento efectivo de las sustancias estudiadas?

Cierto es que para Pauling el conocimiento no era un elemento puramente cognoscitivo o contemplativo. Por el contrario, para él siempre tuvo una dimensión pragmática, dirigida a la transformación de la realidad [PAULING, 1947, p. 15]. La ciencia debía ser entendida como un instrumento útil que permitiera aspirar a la construcción de un mejor mundo³², *Un mundo en el que cada ser humano pueda tener una buena vida*³³. Entonces, ¿la ciencia debía quedar reducida a un puro cono-

cimiento instrumental? Relacionado con ello, ¿podemos llegar a saber cómo es exactamente la realidad? A Linus Pauling no le es ajeno que lo que encontramos en nuestra experiencia cotidiana es una dualidad entre apariencia y realidad, entre fenómeno y esencia [PAULING, 1947]. Detrás de lo que se presenta suponemos presente la esencia, aquello que constituye lo que realmente es el objeto. Pero, ¿por qué lo que conocemos no es exactamente la realidad? Nuestro conocimiento se da a través de medios, de elementos que introducen mediaciones. En primer lugar, nos encontramos con mediaciones sociales finas, como el lenguaje y la misma ciencia. En segundo lugar, la esfera de la realidad a la que tenemos acceso, se encuentra determinada y condicionada por nuestros sentidos. Por ello, más que reproducir la realidad, más que una «teoría del reflejo» debería hablarse de «re-figurar» la realidad. Pero, ¿no supone ello tener que renunciar a una concepción realista de la ciencia? ¿Qué posición ontológica y epistemológica hay que tener ante las teorías y entes teóricos?

Pauling se muestra en varias de sus obras, pero de forma muy clara en su libro de texto *General Chemistry* [PAULING, 1947], tentado a sostener una postura netamente instrumentalista y a renunciar —en los mismos términos que los autores neopositivistas— a la posibilidad de un conocimiento completo de la realidad, de enunciar leyes generales con validez universal. Sin embargo, tal renuncia no supone tener que negar la existencia de un mundo real y la posibilidad de alcanzar cierto grado de conocimiento sobre él. Aunque la realidad conocida es para Pauling independiente del sujeto, éste puede conocer parte de la misma con una cierta finura. Frente a la convicción neopositivista que pareciera inicialmente defender, Pauling se vuelve hacia posturas más cercanas al pitagorismo y el platonismo. A pesar de reconocer el extraordinario papel que juega la observación en el método científico, hay que tener presente las mediaciones sociales, del lenguaje e incluso científicas que pueden condicionar nuestras percepciones. Si bien los sentidos nos engañan, es posible alcanzar aquello que se esconde tras lo aparente —que vendría a ser la estructura interna que soporta las propiedades que observamos— por medio de *aproximaciones sucesivas* [PAULING, 1947, p. 16], a través de la razón matemática: las conexiones lógico-geométricas que se dan entre las unidades últimas de la materia y que vienen dadas por la física cuántica. Así, diría Pauling, es posible cierto conocimiento; hay, aunque sea sólo parcialmente, una posibilidad de conexión entre el sujeto y los objetos.

Ahora bien, vemos en la obra de Pauling rasgos tanto positivistas como neopitagóricos ¿Cómo es posible superar esta contradicción? Ciertamente es que acepta toda una serie de ingredientes asumidos por los neopositivistas, pero ninguno de ellos le es en sí mismo esencial; si bien Linus Pauling apuesta inicialmente por el método inductivo o hipotético-deductivo (Popper) [PAULING, 1947, pp. 16 y 20], destaca el extraordinario papel que juega la observación en el método científico, manifiesta un claro respeto por las aportaciones de la nueva lógica, por la axiomatización de teorías y apuesta por el ideal de la ciencia unificada [PAULING, 1947, pp. 15-21], no

podemos, no obstante, considerarle un neopositivista genuino. De forma más o menos inconsciente, Pauling supera dicha contradicción identificándose con aspectos que acompañan al positivismo que le rodea histórica y contextualmente, pero que no son en absoluto tesis positivistas centrales y que le permiten adoptar perfectamente una posición realista.

¿Cómo se produce entonces ese acceso cognoscitivo al mundo que está detrás o más allá de los fenómenos? ¿Al mundo según es en sí mismo? ¿Qué grado de confianza podemos tener de él? La mejor manera de ver la forma en la que Pauling aborda estas cuestiones es a través de su definición de método científico³⁴.

4.2. El método científico³⁵

Pauling estaba convencido de la uniformidad, de la regularidad de la Naturaleza, de la existencia de una organización geométrica de las partes constituyentes de la materia —fuera ésta animada o inanimada— que daba cuenta de sus propiedades. Para encontrarlas era necesario desarrollar una metodología que estuviera más allá de la pura experimentación, había que definir un método que combinara varias estrategias de tal manera que el científico pudiera conocer la estructura interna real de la materia. Halló la respuesta en el desarrollo de una metodología indirecta —inspirada en gran medida en la química estructural del siglo XIX— en la que se combinaba un profundo conocimiento teórico, el uso de *aproximaciones sucesivas* y la construcción de modelos (ya fueran simples esquemas o estructuras tridimensionales), junto con un fuerte aparato matemático: el método estocástico.

Como señalamos en su momento, es en su obra *General Chemistry* donde define, tras plantear el problema de la inducción, las *aproximaciones sucesivas* como uno de los métodos más importantes que ha hecho avanzar a la ciencia. Ahora bien, esta referencia al uso de aproximaciones en ciencia no es baladí o meramente teórica en el caso de Pauling. Un examen atento de su obra nos permite ver, por ejemplo, cómo los complejos obstáculos matemáticos que se presentaron en sus trabajos sobre la estructura del átomo de carbono y de diversas sustancias biológicas (proteínas) pudieron ser resueltos gracias a aproximaciones y atajos matemáticos. Si bien él no era el único que tenía que hacer frente al problema matemático, a diferencia de otros químicos estaba convencido de que las matemáticas, lejos de ser un mero escollo, eran la clave para demostrar y sustentar sus primeras intuiciones³⁶.

Ahora bien, ¿cuál es el estatus cognoscitivo y ontológico de esas teorías y modelos matemáticos? Ciertamente es —diría Pauling— que las teorías y leyes tienen un gran valor para la simplificación de la ciencia y que su conocimiento nos permite hacer predicciones seguras acerca del comportamiento de un sistema [PAULING, 1947, pp. 20-21]. Sin embargo, lejos de defender una postura puramente instrumentalista, para él la ciencia nos permite acceder a un conocimiento muy aproximado de la

estructura real de la materia. A pesar de la aparente relación caótica que parece darse entre los átomos, el químico ha de encontrar un orden que dé cuenta de las propiedades que observamos en la molécula. Para ello necesita un lenguaje apropiado, que es el que le da la nueva lógica-matemática, y un nuevo objeto material de estudio, el átomo de la mecánica cuántica. De esa forma, aunque las regularidades matemáticas de la ciencia pudieran parecer en principio una creación del intelecto humano en su intento por comprender el mundo material, pueden facilitarnos una descripción real de cuanto hay: *el pensamiento puede captar la realidad*.

4.3. Posición ontológica

Pero para que sea posible una interpretación realista de la ciencia, deben concederse a las entidades teóricas una existencia real. Pues bien, ese es precisamente el caso de Pauling, para quien los átomos, las moléculas y demás entidades teóricas existen realmente [PAULING, 1947, p. 21]. Para Pauling los sistemas —en su caso los cristales y moléculas— tienen propiedades al margen de los procesos de medida: toda propiedad es de algo, y ese algo tiene esas propiedades³⁷. Es en este planteamiento realista, clásico de la expresión de sustancia y propiedades en donde los sistemas, los objetos —los átomos, electrones, etcétera— han de concebirse como el soporte de las propiedades. De ahí que las propiedades que observamos en la materia —ya sean físicas o químicas como la densidad, solubilidad,...³⁸— pertenezcan a la misma y no se encuentren sólo en el experimento. Las propiedades observadas, así como las estructuras cristalinas deducidas, son reales, pertenecen al sistema. De ese modo se hace posible recuperar no sólo la concepción de una realidad física independiente del observador, sino también una interpretación física que permite llevar a cabo representaciones espacio-temporales y pictóricas de los sistemas químico-cuánticos. De ahí que los objetos cuánticos, como los electrones, los átomos, tengan para Pauling una existencia real y, aunque su conocimiento —subraya— se corresponde a una aproximación ideal, a una aproximación imperfecta, la mella en este conocimiento no se encuentra en los objetos mismos, sino en las limitaciones de nuestro entendimiento.

Resumiendo, vemos cómo Pauling fue capaz de construir a partir de una temprana intuición —«el conocimiento del mundo se hace más fácil y claro cuando se conoce la estructura de cuanto hay en función de los elementos últimos que lo componen» [PAULING, 1947, p. 3]— y una vieja concepción del hombre de ciencia —«el hombre de ciencia es aquél que descubre los secretos de la naturaleza a través de las matemáticas» [PAULING, 1937]— una concepción personal de la química, así como una forma de desarrollarla y comunicarla. Concepción ésta que, marcada por una posición realista cercana a la de Schrödinger y los ecos de un claro neopitagorismo basado en la matemática y la noción de átomo, encontró continuidad —a pesar de las notorias diferencias existentes entre ambos campos— en los trabajos llevados a cabo en el ámbito de las ciencias de la vida.

4.4. Fisicalismo y reduccionismo en las ciencias de la vida

Cuando en la década de 1930 Linus Pauling comenzó a desarrollar sus primeros trabajos en el ámbito de la biología, lo hizo extendiendo sus ideas de enlace químico, resonancia y estructura molecular desde la química a sustancias biológicas como la hemoglobina. Así, a pesar del gran giro que adentrarse en el ámbito de las ciencias de la vida suponía, podemos observar una clara continuidad en lo que respecta a su perspectiva metodológica, ontológica y epistemológica. Aunque las sustancias cambiaran, aunque las motivaciones y problemas fueran en principio otros, las respuestas finales seguían estando dentro del mismo orden: el descubrimiento de la estructura de las moléculas, las fuerzas que intervienen, sus propiedades y funcionamiento desde el punto de visto químico. Se trataba por consiguiente de un acercamiento reduccionista al problema de la vida.

Para el químico estadounidense —al igual que para Schrödinger [SCHRÖDINGER, 1944]— las unidades funcionales últimas a partir de las cuales hay que explicar los fenómenos y procesos biológicos los encontramos en los niveles atómico y molecular. Así, las explicaciones biológicas deben estar basadas en las leyes de la física y la química. De ese modo, las teorías y leyes experimentales formuladas en biología o medicina pueden considerarse casos especiales de las teorías y leyes enunciadas en la química y, finalmente, la física. La misión de la ciencia debía consistir entonces en extender el lenguaje, la matemática y la metodología de la física cuántica al estudio de las estructuras básicas de la biología.

Así como la resolución de la estructura tetraédrica del carbono fue posible gracias a la realización de numerosos dibujos y aproximaciones matemáticas, la resolución de la estructura de moléculas más complejas —principalmente biológicas— requirió otra utilización del papel y la pluma: la construcción de sencillas estructuras tridimensionales. Inspirado en los modelos desarrollados en el siglo XIX por químicos como Dalton³⁹, Pauling fue capaz de encontrar la estructura de muchas moléculas a partir de rudimentarias maquetas de papel y otros materiales simples. La reunión de datos químicos, físicos, matemáticos y una extraordinaria memoria le permitió —a través de la construcción de estas sencillas estructuras tridimensionales— la resolución de complicadas estructuras⁴⁰. Así, frente al intento por parte de investigadores británicos —especialmente por parte de John D. Bernal⁴¹ y su equipo— de construir modelos para la estructura de las proteínas a partir de las imágenes obtenidas gracias a la cristalografía de rayos X, Pauling se inclinó por un método indirecto basado en los principios de la química cuántica. La nueva senda abierta por el químico estadounidense, con el planteamiento de un nuevo enfoque estructural en el estudio de las moléculas biológicas, fue clave en el desarrollo de la biología del siglo XX, pero también de la medicina.

4.5. Linus Pauling tras las huellas del Centauro Quirón

Al igual que ocurriera en el campo de la biología, podemos encontrar una gran continuidad entre las investigaciones químicas y médicas llevadas a cabo por Pauling. Ahora bien, debemos señalar dos claras perspectivas o etapas en sus investigaciones médicas relacionadas directamente con uno de los problemas más importantes de la filosofía de la medicina: la definición de enfermedad. Cada una de estas etapas estuvo marcada por una concepción distinta —podríamos decir incluso complementaria— y el desarrollo de un tratamiento clínico diferente de las enfermedades. Durante la primera de ellas, dedicada a la medicina molecular, Pauling demostró cómo algunas enfermedades, la anemia falciforme por ejemplo, eran resultado de una malformación en la estructura de una determinada molécula. Ligada a la química estructural y la genética, Pauling demostraba además la relación existente entre dichas malformaciones y la herencia, nacía una nueva perspectiva en la investigación médica en la que el método analítico, nacido en el ámbito de la física y que tan buenos resultados había dado ya en el biológico, era aplicado ahora a la medicina abriéndose en ella una nueva perspectiva atómica y molecular.

La segunda etapa de la investigación médica de Pauling, dedicada a la medicina ortomolecular, presentaba una continuidad más clara aún con la concepción neopitagórica desarrollada en el ámbito de la química. La concepción de enfermedad como un conjunto de anomalías bioquímicas y de concentraciones no deseables de distintas sustancias —normalmente presentes en el cuerpo— lleva consigo pareja la idea de equilibrio y desequilibrio. Al igual que en el viejo Alcmeón de Crotona⁴² [GONZÁLEZ RECIO, 2004, pp. 23-28], la apuesta por el equilibrio para entender la salud y el desequilibrio como causa de la enfermedad, el énfasis en la estructura y la proporción matemática, hacen de Pauling nuevamente un pitagórico moderno. Pero no sólo desde el punto de vista de la definición de enfermedad, sino también desde el punto de vista de la práctica clínica y terapéutica. Conforme a la concepción de la enfermedad que propusieron primero los médicos pitagóricos y la terapia que desarrollaron después los hipocráticos con la teoría humoral —su bioquímica— el doctor del siglo XX, propone Pauling, debe llevar a cabo ante cualquier sospecha un análisis de los niveles de aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y minerales, hormonas, etc. e incluso del estado del sistema gastrointestinal⁴³. La utilización de métodos y análisis —propios hasta entonces de los laboratorios de investigación— en el ámbito clínico debía permitir, según Pauling, encontrar indicadores químicos que hicieran posible saber cuál es el estado de salud del paciente. De ahí que una vez descubiertos los desequilibrios químicos que le aquejan, la terapia tendría que consistir en la recuperación del equilibrio perdido por medio de la administración al enfermo de las cantidades óptimas de las sustancias que se crean oportunas. Así, la idea de equilibrio relacionada con un estado cuántico estable entre los átomos que conforman la molécula, se ve reflejado en la medicina por un equilibrio relacionado directamente con la salud y el desequilibrio como causa de la enfermedad. De ese

modo, Pauling recupera para la medicina una concepción relacional de la organización biológica y química, una noción de equilibrio, estructura y proporción matemática como algo real y no como meras fórmulas del hombre de ciencia.

5. CONCLUSIONES FINALES

Tenemos que reconocer que la obra científica de Linus Pauling y todo cuanto se ha escrito sobre él, han contribuido a crear una imagen del mismo caracterizada por la discontinuidad y la fragmentación. Ciertamente es que se trató de un autor que lejos de desenvolverse en un solo campo de estudio, y regirse por la ortodoxia que la ciencia oficial entonces imponía, prefirió rebasar los límites, las fronteras interdisciplinarias preestablecidas e ir de un ámbito a otro, de un problema a otro, utilizando información de distintos campos con el fin de hallar respuestas válidas. De la cristalografía a la química cuántica, de ésta a la biología, de la biología a la medicina convencional y de ésta a la medicina «ortomolecular», el repaso de la obra de Pauling refleja la vida de un científico con constantes rupturas y cambios de interés. Sin embargo, bajo toda esa aparente diversidad hemos podido ir viendo la existencia de una profunda continuidad, de una posición epistemológica y ontológica realista fuertemente interiorizada que guió, dándole unidad, toda su investigación. Neopitagórico en un contexto cuántico, seguidor de Platón, Schrödinger y Einstein, Pauling defendió los métodos inductivo o hipotético-deductivo, hizo una valoración expresa del papel de la observación en el método científico, respetó claramente las aportaciones de la nueva lógica y la axiomatización de teorías, comulgando asimismo con el ideal de la ciencia unificada. A pesar de la aparente contradicción que ello podría suponer, vemos en él a un realista que comparte algunos elementos importantes (pero no centrales) del neopositivismo. La clave está en su punto de partida, en el primer axioma a partir del cual Linus Pauling construyó toda su obra científica; su convicción de la existencia de una uniformidad, de una regularidad de la Naturaleza, de la existencia de una organización geométrica de las partes constituyentes de la materia —fuera ésta animada o inanimada—, que daba cuenta de todo cuanto nos rodea. Nada ocurre en la Naturaleza de forma aleatoria o caótica; todo tiene un porqué que nosotros podemos encontrar⁴⁴. El universo —vendría a decir— está constituido «por sustancias (formas de materia) y energía radiante» [PAULING, 1947, p. 3] De ese modo, lo que debemos buscar en la Naturaleza es la unidad última que constituye el universo material —los átomos de la mecánica cuántica— y las relaciones que se producen entre ellas —los enlaces que se dan entre los átomos—, siendo éstas la razón primera de todo cuanto hay⁴⁵.

Podemos así ver cómo toda la obra científica de Linus Pauling estuvo construida sobre una concepción realista tanto desde el punto de vista ontológico como epistemológico. Ontológico en cuanto que a las entidades extralingüísticas designadas por los términos de las teorías (átomos, células, radiación,...) les concedía una existencia real: los átomos, las moléculas son los componentes últimos de la materia, que

mantienen entre sí una relación geométrica que justifica la organización química y biológica que observamos en la Naturaleza; desde el punto de vista epistemológico, consideraba las teorías como enunciados verdaderos, resultado de la «aplicación de los principios del razonamiento riguroso que se ha desarrollado en las Matemáticas y en la Lógica a la deducción de conclusiones ciertas a partir de postulados aceptados» [PAULING, 1947, p. 15]. Tanto en sus investigaciones químicas como biológicas y médicas se puede observar que no concibió las nuevas matemáticas de la mecánica cuántica como una simple herramienta o instrumento, sino como clave real para desentrañar los secretos de la estructura interna real de la materia. Así se hacía posible no sólo el conocimiento de la estructura interna del átomo, sino también —gracias a Pauling— del enlace químico responsable de la estructura molecular, del equilibrio y de la estabilidad del estado cuántico que observamos presente en los átomos que conforman la molécula. Podemos, por ello, ver a Pauling como a un pitagórico transportado a la era de la química cuántica, en donde las relaciones geométricas han de entenderse como relaciones reales y donde juega un papel principal —tanto en el dominio de la química como en los de la biología y la medicina— la idea de equilibrio.

El salto al ámbito de las ciencias biomédicas significó una continuidad de esta concepción realista marcada por una fuerte perspectiva reduccionista. Inspirándose en el método analítico que había desarrollado en sus investigaciones previas y apoyándose en los descubrimientos que había hecho de estructuras cristalinas y en la naturaleza del enlace químico, Linus Pauling contribuyó al nacimiento y desarrollo de una nueva forma de estudiar los fenómenos biológicos a nivel atómico y molecular: la biología molecular. La metodología desarrollada y las respuestas finales dadas en función de estructuras moleculares, fuerzas presentes, propiedades y funcionamiento desde el punto de visto químico, obligan a hablar de una continuidad metodológica, ontológica y epistemológica. En el ámbito médico, las ideas de estructura, equilibrio y proporción, junto a sus conocimientos químicos, le permitieron redefinir los conceptos de enfermedad —de forma muy parecida a como lo hicieron primero los médicos pitagóricos y después los hipocráticos con la teoría humoral—, de práctica clínica y terapéutica, así como introducir métodos y análisis exclusivos hasta entonces de los laboratorios de investigación.

Cierto es, reconoce Pauling en varias de sus obras, que nuestra comprensión de esas estructuras reales no es completo. Pero partiendo del método inductivo del positivismo y del hipotético-deductivo podemos ir creando modelos que se vayan acercando paulatinamente a la configuración real de la estructura de la materia. El fin de la ciencia no es la mera construcción de modelos que «permitan salvar las apariencias», sino la construcción de aproximaciones matemáticas sucesivas y modelos tridimensionales que se acerquen lo más posible a la estructura real de la materia. La ciencia nos permite describir la estructura última e íntima, las causas reales, de la arquitectura del mundo y sus propiedades, que nos dice cómo y por qué las cosas son como son.

NOTAS

- 1 Diosa de mirada penetrante y ‘ojos brillantes’ (glaucopis, γλαυκῶπις), Atenea facilita a los hombres el conocimiento y el desarrollo de aquellas ciencias, inventos, industrias y artes que requieren de la reflexión y la meditación. Ello obliga al científico a responder ante ella a través del examen y el escrutinio de la realidad y los fundamentos sobre los que construye su ciencia.
- 2 Linus Pauling nació el 28 de febrero de 1901 en Portland, una gran ciudad del Estado de Oregón (EEUU). Descendiente de una familia de pioneros, los valores de la frontera oeste marcaron la vida y obra de un científico autosuficiente, enérgico, amante de la naturaleza, inquisitivo y trabajador duro. Acercarse a su vida significa emprender un viaje que nos lleva desde un mundo inundado por el sonido de aquellas caravanas de pioneros que, chirriantes y traqueteantes cruzaban el nuevo mundo en busca de nuevas tierras y posibilidades, hasta el inicio de la guerra del Golfo Pérsico (1990-1991). Afortunadamente, contamos en la actualidad con numerosas biografías que nos permiten conocer no sólo sus trabajos científicos, sino aprehender la estrecha relación existente entre su vida, obra y el contexto social e histórico que le tocó vivir. El lector de habla española puede encontrar un ejemplo de ello en SERRANO [2009], texto al que podrá acceder fácilmente a través de la liga: <http://eprints.ucm.es/9746/>
- 3 Se suele destacar como la gran aportación de Linus Pauling al campo de la química la aplicación que llevó a cabo de la mecánica cuántica al problema del enlace químico. Sin embargo, es oportuno señalar también los extraordinarios esfuerzos que realizó para que dicha aplicación fuera comprensible por el resto de químicos y que ésta visión cuántica de la química constituyera el marco en el que se formara a los jóvenes estudiantes. En ese sentido, cabe destacar dos libros; *Introduction to Quantum Mechanics with Applications to Chemistry* [PAULING y WILSON, 1935], obra fundamental en la educación de los químicos y físicos estadounidenses; *General Chemistry* [PAULING, 1947], obra que además de fungir como libro de texto introductorio a la química para miles de estudiantes (no sólo estadounidenses, también europeos y latinoamericanos), revolucionó el mundo editorial y pedagógico.
- 4 En ese sentido es importante tener presente que si bien Linus Pauling dedicó casi todo su libro (*The Nature of chemical Bond*, 1939) al *enlace covalente*, también se va a hacer cargo del *enlace iónico* que aparece y es tratado de forma recursiva a lo largo de casi todo el texto, especialmente en el capítulo X, de la misma manera que el capítulo XI está dedicado al *enlace metálico* y el XII al *enlace de puente de Hidrógeno*. Menos atención se presta en esta obra a las *fuerzas de van der Waals*, fundamentales en sus posteriores trabajos de biología y medicina, pero sí dedica un capítulo, el 7.12, al *Radio de van der Waals*.
- 5 Si bien no debemos olvidar que, tal como él mismo llegó a señalar [PAULING, 1939], su punto de partida fue la teoría del enlace covalente de G.N. Lewis [1916] en el marco de la teoría cuántica antigua, también lo fue la teoría de Bohr (1913-1925).
- 6 William Henry Bragg y William Lawrence Bragg, padre e hijo respectivamente. Se recomienda ver al respecto SÁNCHEZ RON [2001, p. 58].
- 7 También conocida como Caltech, fue la Institución en la que Linus Pauling se formó como doctor, profesor-investigador y donde desarrolló prácticamente toda su obra científica desde 1927 hasta 1963.
- 8 Al igual que el arquitecto que quiere construir un edificio ha de tener un gran conocimiento de las fuerzas y capacidades de las vigas, ladrillos y tablones, así el químico debe conocer las fuerzas y capacidades de las unidades fundamentales de las moléculas, los átomos.
- 9 Linus Pauling tuvo la fortuna de disfrutar en 1926 de una beca Guggenheim que le permitió conocer y estudiar en algunas de las instituciones y centros de investigación más importantes entonces de Europa. En el *Instituto de Física teórica de Sommerfeld* fue testigo del desarrollo y evolución que estaba viviendo la mecánica cuántica, así como los conflictos y problemas internos que arrastraba o iban apareciendo. Pero así como el tiempo que pasó en este *Instituto* fueron claves para su compren-

sión de la naturaleza de la mecánica cuántica, también lo fueron las visitas y estancias cortas que pudo disfrutar —gracias a los arreglos concertados por Noyes— en Copenhague y Zúrich.

Llegados a este punto es oportuno señalar que, más allá de la extraordinaria influencia que sus viajes a Europa (sobre todo el primero) ejercieron en sus posteriores trabajos científicos, también sus contactos con científicos y pensadores del viejo continente contribuyeron en buena medida en la constitución de su visión política y del mundo. Ello fue crucial para la obtención en 1963 de su segundo premio Nobel, el de la Paz. El primero de ellos, el Premio Nobel de Química lo obtuvo en 1954.

- 10 Es importante señalar que esta búsqueda de los fundamentos últimos de la química en el terreno de la mecánica cuántica no fue gratuita: sobre la mesa volvía a reaparecer el problema de la autonomía, autoridad y afiliación disciplinaria: ¿Debería la química cuántica ser considerada tan sólo un apéndice de la física? O por el contrario, ¿debería la mecánica cuántica adaptarse a las demandas explicativas de la química, adaptar caso por caso a la recuperación de estructuras conocidas? La reaparición del problema de la relación de dependencia/independencia entre la química y la física exige atender a la historia de constitución de la química como ciencia ligada al intento de superación de un fiscalismo hasta la fecha no logrado completamente [VILLAVECES, 2000, pp.19-20]. En los últimos años este debate ha adquirido mayor fuerza entre quienes quieren constituir unos fundamentos allende la física. La revista *Foundations of Chemistry. Philosophical, historical, educational and interdisciplinary studies of Chemistry*, editada por Eric. R. Scerri, así como la aparición en prensa de gran número de libros y la celebración de importantes congresos sobre esta temática, son ejemplos de estos esfuerzos.
- 11 En este texto Pauling lleva a cabo una revisión crítica del trabajo de HEITLER y LONDON [1927] en el que éstos aplican la idea de Heisenberg de intercambio y resonancia de la nueva mecánica cuántica al enlace químico covalente. Podemos ver, no obstante, la opinión de Pauling ante este trabajo de forma más detenida y desarrollada en PAULING y WILSON [1935, pp. 340-358]. Asimismo, Pauling señala en este texto de 1928 cómo sus cálculos demostraban que la mecánica cuántica podía explicar la configuración tetraédrica del carbono. Fue éste el primer escrito en el que muchos químicos vieron por primera vez alguna relación de la mecánica cuántica con su disciplina.
- 12 En este texto encontramos desarrolladas las llamadas «Reglas de Pauling». Con tan solo 27 años se convirtió en alguien a respetar entre los cristalógrafos. Como el mismo W.L. Bragg señalara, las Reglas de Pauling podían considerarse «el principio cardinal de la química mineral» ya que vinieron a simplificar un campo sumamente complejo y a mostrar a otros científicos un nuevo camino para resolver nuevas y más complicadas estructuras.
- 13 En este libro Pauling y Wilson recogen las principales notas que el primero de ellos había desarrollado durante la preparación de un curso que, con el mismo nombre de la obra, impartió en el Caltech nada más regresar de su primera estancia europea. La importancia de este libro no es sólo científica, sino principalmente pedagógica tal y como se puede constatar al comprobar que setenta y tres años después de su primera publicación, siguiera siendo el libro de referencia en un gran número de facultades de química.
- 14 En 1931 Linus Pauling publicó un primer artículo con este título [PAULING (1931a)] al que le siguieron durante los siguientes años seis más [«The Nature of Chemical Bond (II-VII)]. Se trataron de artículos que, sin la rigurosidad matemática del primero, permitieron a Pauling comunicar a sus colegas no entrenados ni en las nuevas matemáticas ni en la nueva física, sus resultados en torno a la naturaleza del enlace químico. Resultados todos ellos obtenidos a partir de trabajos basados en la nueva Mecánica Cuántica.
- 15 Debido a la extraordinaria importancia que la química del carbono tuvo en la obra de Linus Pauling, se recomienda a quienes quisieran profundizar en el estudio de sus obras al respecto SERRANO [2009, pp. 325-328].
- 16 Fueron de hecho John Slater en Física y Linus Pauling en Química los grandes introductores de la mecánica cuántica en los Estados Unidos.
- 17 La mayoría de ellos, pero no todos, ya que otros siguen siéndolo en la actualidad sobre todo por razones no epistemológicas sino económicas y políticas.

- 18 Uno de los personajes más importantes en el ámbito de la biología de mediados del siglo XX y más influyentes en la vida científica de Linus Pauling fue Warren Weaver. Director entonces de la división de ciencias naturales de la Fundación Rockefeller, fue llamado por algún historiador como «el principal banquero de la ciencia estadounidense» [HAGER, 1998, p. 58], ya que gracias al dinero de la Fundación Rockefeller que gestionó, contribuyó notoriamente en la construcción de universidades y establecimiento de carreras. Especialmente importante fue su participación durante la *Gran Depresión* al mantener muchos programas a flote, incluyendo algunos del Caltech. Weaver reconoció desde muy pronto en el joven Pauling un gran potencial y habilidades que le podrían ayudar a alcanzar una meta que apreciaba como un tesoro: aplicar exitosamente las técnicas de la química y la física al campo de la biología. Weaver creía que la vieja biología había expirado, haciéndose necesario —pensaba— introducir un nuevo rigor intelectual y nuevas técnicas experimentales que se enfocaran en el funcionamiento molecular de los cuerpos. Si las moléculas y reacciones que hacen posible la vida podían ser descritas y controladas, sería posible crear una raza humana superior, más racional, más inteligente. De hecho fue él quien en 1938 acuñó el término *biología molecular* y describió el campo que intentaba fundar como «visión molecular de la vida» [CLAROS, 2003, p. 170].
- 19 A pesar de los problemas que para su estudio supone el proceso de desnaturalización que sufren todas las proteínas, incluida la hemoglobina, ésta era un buen candidato a estudiar ya que, a la enorme ventaja que daba el hecho de que pudiera conseguirse fácilmente, en grandes cantidades y de forma casi pura, había que sumar la capacidad que había mostrado para cristalizarse, lo que significaba que tenía una estructura regular, repetitiva y que podía ser estudiada por medio del método de difracción.
- 20 Estos estudios sobre el fenómeno de la desnaturalización de las proteínas vieron la luz en el artículo de 1936 «On The Structure of Native, Denatured, and Coagulated Proteins» que publicó junto a A. E. Mirsky.
- 21 Junto a Corey, Pauling demostró en 1950 la forma helicoidal como la configuración básica de las proteínas de muchas formas vivas.
- 22 Watson y Crick no sólo se inspiraron —tal y como ellos mismos reconocieron— en las investigaciones que Linus Pauling había llevado a cabo previamente en torno a la estructura de las proteínas. Ciertamente habían prestado atención al trabajo de Pauling observando, meticulosamente, la metodología empleada y los resultados obtenidos. Pero la principal inspiración y el espadarazo final a sus investigaciones vinieron, paradójicamente, a través de Peter Pauling, hijo de Linus Pauling. Peter, un joven de veintiún años, despreocupado, amigo de las diversiones y, según el mismo Francis Crick «un poco salvaje», se encontraba casualmente trabajando con Watson y Crick en el laboratorio de Kendrew. De manera puntual Peter iba brindando a Crick y Watson un conocimiento preciso de los avances que su padre estaba haciendo [HAGER, 1995, p. 415]. Clave fueron entonces una carta y un manuscrito que Linus Pauling envió a su hijo Peter. En la primera de ellas, enviada el 4 de febrero de 1953, Linus le hacía saber que había encontrado la estructura del ADN y que, en breve, saldría a la luz un artículo en el que mostraba su nuevo modelo. Si bien esta noticia supuso inicialmente un gran golpe para Crick y Watson, todo cambió cuando éste último arrebató del bolsillo de Peter, sin ningún tipo de solicitud previa, una copia del primer manuscrito de dicho artículo [WATSON, 1994, p. 102]. Enviado con un par de semanas de diferencia respecto a la carta anterior, en dicho texto se llegaba a la conclusión de que el ADN estaba constituido por una cadena de tres fibras con una columna gluco-fosfatada en el centro [PAULING y COREY, 1953, p. 87]. Watson se dio cuenta muy pronto que había un error casi de principiante en la propuesta de Pauling y que contaban con apenas seis semanas de ventaja sobre el resto de la comunidad científica —incluido el mismo Pauling— antes de que se descubriera dicho fallo [WATSON, 1994, p. 103]. Tal vez lo más importante, y ello puede ser lo más polémico de toda esta historia, es que con la lectura de este manuscrito Watson terminó por convencerse y convencer a Crick de que el ADN debía tener algún tipo estructura helicoidal [HAGER, 1995, p. 423].
- 23 K. Landsteiner era ya un famoso investigador, sobre todo por su descubrimiento en 1901 de los grupos sanguíneos, motivo por el cual había recibido en 1929 el Premio Nobel.

- 24 Pauling propone estas formas en las que el científico se plantea las preguntas fundamentales en: PAULING [1958, p. 234]. Podemos ver en estas preguntas una suerte de reformulación del platonismo de Simplicio, según el cual la ciencia debería preguntarse por «los movimientos circulares, uniformes y perfectamente regulares que conviene tomar como hipótesis a fin de salvar las apariencias presentadas por los planetas». Incluso podemos ver, tal y como desarrollaremos en posteriores páginas, la perspectiva pitagórica que Platón presenta en el *Timeo*.
- 25 No entre todos, porque muchos veían en él, a pesar de los éxitos conseguidos, a un intruso.
- 26 Con el tiempo, muchas de sus aportaciones, incluso las más criticadas, tuvieron que ser reconocidas y adoptadas por la «medicina más ortodoxa».
- 27 Este fragmento puede encontrarse originalmente en PAULING [1937]
- 28 Si bien nos referimos en esta ocasión y a lo largo de todo el artículo a este texto por el año de su primera edición, la versión manejada, y por consiguiente sobre la que se dará la paginación, es la española de 1963 publicada en Madrid por Aguilar.
- 29 Pauling se está refiriendo a la química descriptiva en la que había sido educado durante su estancia en la *Oregon Agricultural College* y no a la química estructural del siglo XIX cuyo legado haría propio de manera autónoma.
- 30 Un juego matemático-geométrico que nos permita salvar las apariencias, hacer mejores predicciones.
- 31 Con una clara influencia pitagórica, Platón estableció las bases de un tipo de pensamiento que ha llegado hasta nuestros días. Tras la ejecución de Sócrates, Platón había emprendido toda una serie de viajes que le permitieron entrar en contacto con el pitagorismo, principalmente con Arquitas, discípulo de Filolao. A su regreso a Atenas, Platón escribió el *Timeo*, texto en el que encontramos algunas de las bases más importantes de su teoría del conocimiento y que más se aproximan a Pauling. En dicho texto Platón se pregunta cómo es posible alcanzar auténtico conocimiento, conocimiento *verdadero* y no solo el verosímil que parece arrojar el mundo sensible. Si la verdad es atemporal —vendría a decir— ¿Cómo es posible entonces obtener conocimiento *universalmente válido de objetos en constante cambio*? Todo cuanto existe se encuentra o bien en el *Mundo de las Ideas* —en donde éstas son inteligibles, eternas e inmutables— o en el *Mundo Sensible* —donde los objetos que lo conforman son perceptibles, temporales y están en perpetua transformación. Si la ciencia es el conocimiento estricto (universal y necesario) de lo absoluto, de lo eterno (que identificaba con las Ideas), se ha de tratar de una tarea eminentemente racional. Por consiguiente, tan sólo cabe ciencia de lo inteligible. Por ello, lo que hay que buscar tras el ámbito de lo visible es alguna huella de lo inteligible, es decir, hay que encontrar elementos racionales en un contexto sensible. Ello va a suponer que la comprensión no es sino la creación de cierto orden en las impresiones sensibles. Pero, ¿qué entender por *ordenación*? Ser partícipe de algunos signos distintivos del Mundo de las Ideas. El Mundo Inteligible es un mundo jerarquizado que posee en su cúspide las Ideas de Bien y de Belleza. Por ello, es un mundo regido por el orden, la armonía, la simplicidad, la proporción, la simetría. Esta belleza del Mundo Inteligible contagia en parte el Mundo Sensible aportándole cierta racionalidad, armonía, regularidad, simetría y belleza. De ahí que la tarea del científico sea entonces buscar ese orden, esa regularidad que se esconde tras el aparente desorden de fenómenos y objetos en constante cambio con el que nos ponen en contacto nuestros sentidos.
- 32 Esta es otra constante positivista que encontramos presente tanto en su formulación clásica como lógica.
- 33 Este es precisamente el título de un pequeño artículo que, como muchos otros escritos de Pauling, refleja la necesidad que el químico sintió por iniciar un movimiento que llevara a la construcción de un mundo mejor para todos. En todos ellos, como es el caso, señala el decisivo papel que en dicha construcción tendrían la ciencia y la ética. Podemos encontrar una copia de este texto en MEAD y HAGER [2001, p. 227].
- 34 Es importante recordar que la definición del «método científico» como criterio de demarcación era otra de las grandes exigencias del positivismo lógico, algo que Pauling hereda de su contexto científico e intelectual más inmediato pero del que podrá distanciarse, como veremos, a través del método estocástico.

- 35 En este apartado vamos a mostrar la concepción de «método científico» que Linus Pauling pareció manejar en sus trabajos sobre química, sobre todo en aquellos fundamentados en la mecánica cuántica. Para ello nos basamos tanto en sus trabajos científicos como en la definición que de «método científico» da en el ya citado texto de 1947 *General Chemistry*.
- 36 Como la misma estructura tetraédrica del carbono, estructura que se pudo demostrar a partir de aproximaciones matemáticas.
- 37 Y recordemos que el fin del científico es, para Pauling, el de encontrar precisamente esas propiedades.
- 38 Pauling define las propiedades físicas y químicas en los siguientes términos:
 —Propiedades físicas de las sustancias.- Las propiedades de las sustancias son sus cualidades características [formación de caras, aristas y vértices, fractura, gusto, solubilidad, densidad]; [la densidad, solubilidad, punto de fusión, conductividad eléctrica y térmica son propiedades específicas y pueden medirse con precisión y expresarse numéricamente). Otras propiedades no tan sencillas son la maleabilidad, ductilidad y dureza así como el color [PAULING, 1947, pp.13-14].
 —Propiedades químicas de las sustancias.- Las propiedades químicas de una sustancia son aquellas que se refieren a su comportamiento en las reacciones químicas. Reacciones químicas son los procesos por los cuales unas sustancias se transforman en otras. [PAULING, 1947, p. 14]
- 39 Dalton construyó modelos de madera para ilustrar las combinaciones entre los átomos.
- 40 En la década de 1930, Pauling describió su acercamiento a Karl Darrow quien en una carta fechada el 23 de mayo de 1932 le hacía saber que ese método ya tenía un nombre: método estocástico. En dicha carta Darrow señalaba que en un texto de química de 1909 el autor utilizaba este término tomado del griego, pudiéndose traducir como «adivinar la verdad por conjetura». Pero la forma en la que Pauling llevó a cabo sus conjeturas no resultó ser un simple juego de suposiciones y creaciones de estructuras, había que saber mucha física y mucha química para llevar a cabo dichos planteamientos. Esta capacidad le permitió ver antes que nadie la solución de algunos de los problemas químicos más espinosos. Aunque varias de las propuestas de Pauling fueron erróneas —una de las más famosas fue su modelo de tres hélices del ADN— este método le reportó sus triunfos más importantes.
- 41 Si bien John D. Bernal fue un destacado científico pionero en el ámbito de la Cristalografía de rayos X, ya que junto con su equipo fue capaz de obtener a través de este procedimiento las primeras fotografías de rayos X de cristales proteicos, es más conocido en el ámbito de la historia de la ciencia por su revolucionaria obra de 1939 *La función social de la ciencia*, para muchos autores el primer texto de sociología de la ciencia.
- 42 Si bien existen ciertas discrepancias en torno a la vida y obra de Alcmeón de Crotona, la mayor parte de los testimonios que sobre su persona nos han llegado señalan que se trató de un pensador itálico que encarnó el espíritu de la ciencia pitagórica a comienzos del siglo V a. de Cristo.
- 43 El análisis del estado del sistema gastrointestinal es fundamental, ya que de este estado depende en gran medida los niveles de las distintas sustancias presentes en el cuerpo.
- 44 Ciertamente es que Linus Pauling no puede ignorar los múltiples ejemplos que encontramos en la naturaleza que podrían llevarnos a cierto escepticismo. Una prueba de ello podríamos encontrarla en fenómenos como la desintegración radiactiva, conocida desde Becquerel a finales del s. XIX, *aleatoria* en el espacio (no hay modo de saber en qué dirección aparecerá p. ej. la partícula alfa) y en el tiempo (se puede calcular la vida media, no predecir el momento de una desintegración concreta). Sin embargo, podemos apreciar a lo largo de sus textos, principalmente de divulgación y de enseñanza como es el caso de *Química general* [PAULING, 1947], un cierto inconformismo y resistencia ante el aparente indeterminismo e impredecibilidad que la mecánica cuántica llevaba consigo.
- 45 La realidad y las propiedades de cuanto existe no son por consiguiente producto de la mera reunión de sustancias. Las propiedades que observamos en la materia —ya sean físicas o químicas y que pertenecen a la materia no estando sólo en la mente del científico— son resultado de la disposición e interacción real que se da entre los átomos que constituyen la materia, es decir, de su estructura interna: de la relación geométrica que se da entre sus partes, es decir, de la naturaleza del enlace químico que se da entre los átomos que conforman la materia.

BIBLIOGRAFÍA

- CLAROS, G. (2003) «Aproximación histórica a la biología molecular a través de sus protagonistas, los conceptos y la terminología fundamental». *Panacea@*, Vol. IV, [n° 22, Junio], 168-179. Versión electrónica en: http://www.medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n12_tribuna_GClaros.pdf
- CLIFFORD, M. y HAGER, Th. (2001) *Linus Pauling. Scientist and Peacemaker*. Oregon, Oregon State University Press.
- CRICK, F.H.C. (1993) *Qué loco propósito*. Barcelona, Tusquets.
- DRONAMRAJU, K.R. (1999) «Erwin Schrödinger and the Origins of Molecular Biology». *Genetics Society of America*, 153, 1071-1076.
- DUNITZ, J. (1996) «Linus Carl Pauling. 28 February 1901-19 August 1994». *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, Vol. 42 (Nov.), 317-338.
- DUNITZ, J. (2001) «The Scientific contributions of Linus Pauling». En: M. Clifford y Th. Hager (eds.) *Linus Pauling. Scientist and Peacemaker*. Oregon, Oregon State University Press, 78-97.
- GONZÁLEZ RECIO, J.L. (2004) *Teorías de la vida*. Madrid, Síntesis.
- GUTHRIE, W.K.C. (2005) *Los filósofos griegos*. México, FCE.
- HAGER, Th. (1995) *Force of nature: the life of Linus Pauling*. New York, Simon & Schuster Inc.
- HAGER, Th. (1998) *Linus Pauling and the Chemistry of Life*. New York, Oxford University Press.
- HEITLER, W. y LONDON, F. (1927) «Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik» [Interaction between neutral atoms and homopolar binding according to quantum mechanics]. *Zeitschrift für Physik*, 44, 455-472.
- LANDSTEINER, K. (ed.) (1945) *The Specificity of Serological Reactions*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- MARINACCI, B. (ed.) (1995) *Linus Pauling in his Own Words. Selections from his Writings, Speeches and Interviews*. New York, Simon & Schuster International.
- MEAD, Cl. y HAGER, Th. (eds.) (2001) *Linus Pauling: Scientist and Peacemaker*. Oregon, Oregon State University Press.
- MIRSKY, A.E. y PAULING, L. (1936) «On The Structure of Native, Denatured, and Coagulated Proteins». *Proceedings of the National Academy of Science*, Vol. 22, No. 7 (julio), 439-447.
- PAULING, L. (1928) «The Shared-electron Chemical Bond». *Proceedings of National Academy of Science*, Vol. 14, No. 4 (abril), 359-62.
- PAULING, L. (1929) «The Principles Determining the Structure of Complex Ionic Crystals». *Journal of the American Chemical Society* 51, 1010.
- PAULING, L. (1931) «The Nature of the Chemical Bond. Application of Results Obtained from the Quantum Mechanics and from Theory of Paramagnetic Susceptibility to the Structure of Molecules». *Journal American Chemistry Society*, 53, 1367-1400.
- PAULING, L. y WILSON, O. (1935) *Introduction to Quantum Mechanics*. New York, McGraw-Hill.
- PAULING, L. y CORYELL, Ch. (1936) «The Magnetic Properties and Structure of the Hemochromogens and Related Substances». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 22, No. 3, (marzo), 159-163.

- PAULING, L. (1937) *The Significance of Structural Chemistry*. George Fisher Baker Lectureship, Cornell University, Ithaca, New York (Manuscrito).
- PAULING, L. (1939) *The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals: an introduction to modern structural chemistry*. Ithaca, NY, Cornell University Press.
- PAULING, L. (1940) «A Theory of the Structure and Process of Formation of Antibodies». *Journal of the American Chemical Society*, 62, 2643-2657.
- PAULING, L. y DELBRÜCK, M. (1940b) «The Nature of the Intermolecular Forces Operative in Biological Processes». *Science*, 92, 77-79.
- PAULING, L. (1946) «Molecular Architecture and Biological Reactions». *Chemical and Engineering News*, 24, 10 (25 de mayo), 1375-1377.
- PAULING, L. y COREY, R. (1953) «A Proposed Structure for the Nucleic Acids». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 39, No. 2, (febrero), 84-97.
- PAULING, L. (1958) «Current Opinion: Molecular Disease». *Pfizer Spectrum* 6, 9 (1 May 1958), 234-235.
- PAULING, L. (1964) *Química General*. Madrid, Aguilar General Chemistry. Traducción de la 7ª edición en inglés por José I. Fernández Alonso, 1963.
- PAULING, L., ITANO, H.A.; SINGER, S.J. y WELLS, I.C. (1949) «Sickle Cell Anemia, A Molecular Disease». *Science* 110, 2865 (25 Noviembre), 543-548.
- PAULING, L. y COREY, R.B. (1950) «Two Hydrogen-Bonded Spiral Configurations of the Polypeptide Chain». *Journal of the American Chemical Society*, 72, 5349.
- PAULING, L.; COREY, R.B. y BRANSON, H.R. (1951) «The Structure of Proteins: Two Hydrogen-Bonded Helical Configurations of the Polypeptide Chain». *Proceedings of the National Academy of Science*, 37, 205-210.
- PAULING, L. (1968b) «Orthomolecular Psychiatry: Varying the Concentrations of Substances Normally Present in the Human Body may Control Mental Disease». *Science*, 160, 265-271.
- PAULING, L. (1987) «Schrödinger's contribution to chemistry and biology». En: C.W. Kilmister (ed.) *Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath*. Cambridge, Cambridge University Press, 225-233.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (2.001) *Historia de la física cuántica*. Barcelona, Crítica.
- SCHRÖDINGER, E. (1986) *¿Qué es la vida?: el aspecto físico de la célula viva*. Barcelona, Orbis. Traducción del inglés y notas de Ricardo Guerrero, 1944.
- SERRANO, F.J. (2009) *Ciencia, realidad y método en la obra de Linus Pauling*, Madrid, E-Prints Complutense. (<http://eprints.ucm.es/9746/>)
- VILLAVECES, J.L. (2000) «Química y epistemología, una relación esquivada». *Revista colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 1(2-3), 9-26.
- WATSON, J. (1994) *La doble hélice. Un relato autobiográfico sobre el descubrimiento del ADN*. Barcelona, Salvat.