

## EL VITALISME I LA SEVA CRISI EN EL SEGLE XIX

**Santiago García Vallvé; Miguel Angel Montero Simó; Antonio Rojas Pérez; Antoni Romeu Figuerola**

Grup d'Història de la Bioquímica. Xarxa Temàtica d'Història de la Ciència i de la Tècnica de la Generalitat de Catalunya. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona.

Paraules clau: *vitalisme, química, orgànica, biologia, història de la bioquímica, Jons Jakob Berzelius, Justus von Liebig, Louis Pasteur.*

The vitalism and its crisis in the 19<sup>th</sup> century.

*Summary: By the early 19<sup>th</sup> century, chemists had learned to make many simple compounds in the laboratory by combining elements under the right conditions, but artificial synthesis of the complex molecules extracted from living matter seemed hopeless. Berzelius first made the distinction between organic compounds, those that apparently could rise only within living organisms, and inorganic compounds, those that were found in the nonliving world. The new discipline of organic chemistry was first built on a foundation of vitalism, the belief in a life force outside the jurisdiction of physical and chemical laws. Liebig gave scientific status to pharmacy, physiology, agriculture and husbandry with the aim of the catalytic role of chemistry. In 1828 Wöhler showed that urea could be synthesized in the laboratory. Pasteur investigated the nature of fermentation. The vitalist dogma was shattered in 1897, when Buchner found that extracts from broken yeast cells could carry out the entire process of fermentation of sugar into ethanol.*

*Key words: vitalism, organic chemistry, biology, history of biochemistry, Jons Jakob Berzelius, Justus von Liebig, Louis Pasteur.*

### 1. Antecedents

El finalisme o teologisme perdurà en el desenvolupament de la ciència (Parés, 1994). La posició preeminent de l'home en el sentit que li donà Aristòtil es mantingué fins al segle XIX, si bé el creacionisme, després del Renaixement cristià del segle XIII, li donà el sentit addicional de finalitat i justificació de l'Univers (Alsina, 1986). La biologia com a disciplina científica dedicada a l'estudi dels éssers vivents sorgeix entre els segles XVIII i XIX. Fourcroy fou el primer en utilitzar l'expressió de *principis immediats*, espècies químiques en l'estat en què estan presents en els éssers vius. Tanmateix, fou Chevreul qui desenvolupà les tecnologies analítiques per a l'estudi d'aquestes espècies. En aquest marc de relació entre la química orgànica i la fisiologia neix la biologia científica (Municio, 1985).

## 2. El vitalisme i la química orgànica

Al llarg del segle XIX es realitzà un gran esforç per a entendre els processos vitals. Amb les tècniques d'anàlisi de Berzelius i de Liebig es demostrà que les substàncies aïllades per Scheele contenien carboni. En 1807, Berzelius suggerí que substàncies com l'oli d'oliva o el sucre, productes característics dels organismes, s'anomenessin orgàniques. Les substàncies com l'aigua o la sal, característiques del medi no-vivent, eren inorgàniques. Hom observà que les substàncies orgàniques eren fàcilment convertibles, per escalfament o amb un altre tractament energètic, en substàncies inorgàniques. Tanmateix, el canvi invers, d'inorgànic a orgànic, era desconegut. La vida es considerà com un fenomen especial que no segueix necessàriament les lleis de l'Univers. Segons aquesta visió vitalista, els compostos orgànics únicament podrien ésser sintetitzats mitjançant l'acció d'una força vital pròpia dels éssers vius.

Liebig fou un dels pares de la química orgànica, però no es plantejà temes estructurals. La seva gran contribució fou trencar la comunicació entre el món inorgànic i l'orgànic. En aquest camp, és remarcable la col·laboració amb Wöhler, tant en el treball d'aïllar, transformar i classificar molècules orgàniques com en els estudis d'intercanvi de matèria, dels vegetals i dels animals en l'ambient inorgànic, i dels vegetals amb els animals. Aquests estudis sentaren les bases de l'agricultura i de la dietètica. El perfeccionament dels mètodes analítics portà a l'establiment de fórmules empíriques més exactes i a la identificació de grups funcionals. El primer cop fort contra el vitalisme de Berzelius fou en 1828, quan Wöhler sintetitzà urea (substància orgànica) a partir (per escalfament) de cianat amònic (considerat substància inorgànica, sense cap connexió amb la matèria viva). Els treballs posteriors de Kolbe (1845) en la síntesi d'àcid acètic a partir dels seus elements constituents (síntesi total), i sobretot els de Berthelot (1850s, que efectuà una síntesi sistemàtica de compostos orgànics, demostraren la gran connexió entre el món orgànic i l'inorgànic. Chevreul (1809), tot treballant amb sabó, aïllà àcids grassos (Municio, 1985).

Liebig, tot col·laborant amb Wöhler en treballs sobre la naturalesa de l'àcid úric, afirmà: «La filosofia de la química permet treure d'aquest treball la conclusió de considerar no únicament probable sinó segur que s'obtiniran fora de l'organisme, en els nostres laboratoris, totes les matèries orgàniques. Es produiran artificialment sucre, salicina, morfina. No sabem encara la forma d'assolir aquest resultat final perquè desconeixem els precursors dels que resulten aquestes matèries, coneixement que s'anirà adquirint». Malgrat que Liebig i Wöhler cregueren que tota substància orgànica podria ésser preparada en el laboratori, distingien aquestes molècules orgàniques de les substàncies organitzades en el si de les quals té lloc el procés vital. Així, Liebig escriu: «Sota la influència d'una causa no química (vida, força vital) també operen en l'organisme forces químiques. Únicament per efecte d'aquestes causes dominants, i no d'ells mateixos, s'ordenen els elements i es componen donant urea, taurina, de la mateixa forma que la intel·ligent voluntat del químic els obliga a compondre-se fora del cos; mai la química aconseguirà obtenir en els seus laboratoris una cèl·lula, una fibra muscular, un nervi: en una paraula, una de les parts de l'organisme realment orgàniques, dotades de propietats vitals». En una carta a Berzelius, Liebig manifesta la idea principal de la seva obra *La química en la seva aplicació a l'agricultura i la fisiologia*; diu: «Desitjo aportar una prova de que els fisiòlegs i els agrònoms no podran, sense el conreu de la química, esperar progressos valuosos i duradors en fisiologia i agricultura, i que, fins ara, en aquest sentit, únicament

s'han fet anàlisis, però no investigacions fisicoquímiques. Voldria transmetre als altres la meua convicció que únicament la química pot portar llum als fenòmens de la vida» (Cordón, 1997).

### 3. El vitalisme i el reduccionisme biològic

Liebig considerà la vida com un fet restringit al món animal i vegetal (Brock, 1997). Des d'aquest punt de vista, es resisteix a admetre que éssers microscòpics unicel·lulars poguessin causar al seu entorn una transformació química determinada; això el portà a polemitzar primer amb Schwan, i després amb Pasteur. Així doncs, Liebig, i també Wölher, consideraren que la transformació de la glucosa en etanol i diòxid de carboni que porta a terme el llevat (fermentació alcohòlica) és una reacció senzilla, com les inorgàniques, que es realitza en el medi exterior, fora del llevat, al qual consideraren com un simple catalitzador químic. En canvi Schwan, i després Pasteur, opinaven que la fermentació alcohòlica es realitza a l'interior del llevat d'un mode vinculat a la vida, «a la força vital» (Manchester, 1995). Al llarg del segle XIX s'anaren acumulant coneixements empírics sobre dos fenòmens que, en un principi, no es relacionaven entre si: els ferments solubles (diastasa, pepsina, amilasa, ureasa, etc.; molècules de composició desconeguda presents en els líquids interns dels animals i plantes que actuen de catalitzadors en reaccions d'hidròlisi) i els ferments formes (éssers unicel·lulars, com el llevat i d'altres, causants de transformacions més complexes: fermentacions). Les autoritats químiques de l'època interpretaren que els llevats actuen com a mers catalitzadors químics (Liebig considerà que en la fermentació alcohòlica el llevat es descomponia —no multiplicava—, i que la seva descomposició provocava la descomposició dels substrats —per exemple, la glucosa). D'altra banda, Schwan considerà els ferments formes com éssers unicel·lulars que s'alimenten del substrat (per exemple, glucosa), i excreten els productes de fermentació com a resultat de les transformacions internes. La teoria cel·lular de Virchow (1858) que les cèl·lules —que, segons Schwan, constitueixen els animals i vegetals— són les unitats absolutes de la vida, i els treballs de Pasteur que demostraren la no generació espontània i que els microorganismes són cèl·lules vives, marcaren una inflexió dels punts de vista dels químics orgànics.

Traube buscà ferments solubles intracel·lulars i procurà reduir la fermentació cel·lular a un nivell molecular: «Els ferments no són, com suposava Liebig, substàncies en descomposició i que poden transmetre la seva acció química a substàncies inertes, sinó substàncies químiques, relacionades amb els cossos albuminoides que, malgrat encara no ésser accessibles de forma pura, tenen, com totes les altres substàncies, composició química definida i provoquen canvis definits en altres substàncies per afinitats químiques definides. La hipòtesi de Schwan —després adaptada per Pasteur— segons la qual les fermentacions han de considerar-se com expressions de les forces vitals d'organismes inferiors, és insatisfactòria. El correcte és la hipòtesi inversa de Schwan; diversos ferments són la causa dels més importants processos químics de la vida, i no únicament dels organismes inferiors, sinó també dels superiors» (Cordón, 1997).

El vitalisme de Pasteur es basà en la seva convicció que les fermentacions que causen els llevats són resultat dels seus processos vitals. Pasteur escriu: «Els glòbuls del llevat, veritables cèl·lules vives, tenen com a funció correlativa de la seva vida la transformació del

sucre. No hi ha fermentació alcohòlica sense organització, desenvolupament i multiplicació simultània dels glòbuls. Ara bé, què representa l'acte de l'escisió del sucre i quina és la causa íntima? Confeso la meua completa ignorància. Pot dir-se que el llevat s'alimenta de sucre per excretar-lo en forma d'alcohol i carbònic? ¿Hom hauria de dir, per contra, que la cèl·lula produeix durant el seu desenvolupament una substància del tipus pepsina, que actua sobre el sucre i desapareix quan s'esgota, ja que no es troba aquesta substància en els líquids? No tinc respostes per a aquestes preguntes».

Bernard ofereix una definició idealista dels fenòmens de la vida: «En la meua opinió, en l'organisme vivent hi ha dos tipus de fenòmens: els de creació vital o síntesi organitzativa i els fenòmens de mort o de destrucció orgànica; la síntesi evolutiva és el fenomen veritablement vital: la vida és creació. La destrucció vital és d'ordre físico químic, el resultat d'una combustió, d'una fermentació, d'una putrefacció, en un mode d'acció comparable a un gran número de descomposicions químiques». Les idees de Bernard foren defensades per Berthelot i combatides per Pasteur. Per Bernard, atès que la vida és creació, la fermentació alcohòlica de la glucosa, per tractar-se d'una degradació química, no podia ser un fenomen vinculat a la vida (Cordón, 1997).

#### 4. Descobriment de l'acció de l'extret de llevat lliure de cèl·lules sobre la fermentació (1897)

Es descobrí que la cèl·lula posseix una gran complexitat funcional i estructural, i es confirmà que la cèl·lula és la unitat biològica. Nægeli procurà conciliar la concepció de Pasteur que la cèl·lula, com a ésser vivent bàsic, és capaç de dirigir la transformació de molècules i la seva producció de fements solubles. Nægeli escriu: «L'agent de la fermentació és inseparable de la substància de la cèl·lula viva; és a dir, està vinculada al plasma. La fermentació es produeix únicament en immediat contacte amb el plasma i fins on s'esten la seva acció molecular. Si l'organisme desitja exercir un efecte sobre processos químics en llocs o a distàncies on no arribin les forces moleculars de la matèria viva, excreta ferments. Tanmateix, és dubtós que l'organisme faci ferments per a què funcionin dins el plasma cel·lular, atès que aquí no els necessita, ja que disposa de les forces moleculars pròpies de la matèria viva». Sobre la teoria de Liebig de la catàlisi com un fenomen de la descomposició, Nægeli escriu: «Però a la teoria de la descomposició li manquen fonaments teòrics. Si en la cèl·lula de llevat existís una combinació per a la descomposició de la qual es provoqués la fermentació, podríem extreure-la i provocar la fermentació sense cèl·lules, com es pot fer en els cossos que inverteixen el sucre». Nægeli, en la seva interpretació del llevat causant de la fermentació alcohòlica, i de la cèl·lula en general, seguí la posició vitalista de Pasteur, però desplaçà la capacitat de transformar molècules de la unitat cel·lular a la substància que constitueix la cèl·lula, és a dir, el plasma, al que considera viu per ell mateix. El descobriment de Buchner que, a partir de cèl·lules de llevat desintegrades, es pot obtenir un ultrafiltrat, exempt de cèl·lules vives, capaç de fermentar la glucosa en alcohol i carbònic, destrueix la concepció de Nægeli i el vitalisme de Pasteur. Buchner escriurà: «Per a la teoria de la fermentació es poden treure algunes conclusions. En primer lloc, està demostrat que per a provocar el procés de la fermentació no es necessita un aparell tan complicat com el que constitueix la cèl·lula de llevat. Com a suport de la acció fermentativa, s'ha de considerar més bé una substància dissolta, sens dubte una proteïna, a la que denominem *zymasa*». (Cordón, 1997).

## Bibliografia

- ALSINA, J. (1986), *Aristóteles. De la Filosofía a la Ciencia*, Barcelona, Montesinos.
- BROCK, H. (1997), *Justus von Liebig. The chemical gatekeeper*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CORDÓN, F. (1997), *Historia de la Bioquímica*, Madrid, Compañía Literaria.
- DUBOS, R. (1995), *Louis Pasteur. Franc-tireur de la science*, París, Éditions la Découverte.
- MANCHESTER, K. L. (1995), *Louis Pasteur (1822-1895) chance and the prepared mind*, Trends in Biotechnology, 13, p. 511-515.
- MUNICIO, A. M. (1985), «Antes y después de la Bioquímica». A: *Historia de la Bioquímica*, Madrid, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- PARÉS, R. (1994), «La Biología de Aristóteles y su entorno en la antigüedad clásica». A: CASADESÚS, J.; RUIZ BERRAQUERO, F. (ed), *Descifrar la vida*, Universidad de Sevilla.