

CIENCIA Y FILOSOFÍA EN LA CREACIÓN DE LA TEORÍA CELULAR

Dolores Escarpa Sánchez–Garnica, Madrid

Resumen: La hipótesis de la constitución celular de los organismos se presta como ninguna otra a la confrontación de las interpretaciones holistas y reduccionistas de la vida. Los creadores de la teoría celular pretendían rebatir con ella los supuestos epistemológicos y ontológicos de la *Naturphilosophie*, y ofrecer una explicación física de los fenómenos vitales. Pero el holismo de Johannes Müller se propondrá reinterpretar las hipótesis de Schleiden y Schwann dentro del marco de la que parecía ser la única filosofía de la naturaleza capaz de hacer de ella un todo coherente.

Abstract: The hypothesis of the cellular nature of organisms is the clearest example of the confrontation between the holist and the reductionist interpretations of life. The fathers of the cellular theory pretended to refute the epistemologic and ontologic assumptions of the *Naturphilosophie*, as well as to explain life from a physical point of view. Nevertheless, the holist Johannes Müller tried to fit Schleiden's and Schwann's theories in the frame of the only philosophical trend that could consistently explain it as a coherent whole.

1. Introducción

Son muchos los historiadores de la ciencia que entienden la historia de la biología como el progresivo desarrollo de lo que se ha dado en llamar el proceso de «fiscalización» del concepto de vida ¹. De hecho, una gran parte de los biólogos del siglo XIX –entre los que se incluirían a sí mismos los creadores de la teoría celular– no hubiera dudado en suscribir esta interpretación. Pero el principal problema que la historia de la ciencia plantea a dicha hipótesis consiste en encontrar una explicación para el constante resurgir de lo que algunos autores han denominado «el tenaz espectro del vitalismo» ², aún en las etapas dominadas por el auge de las teorías reduccionistas de la vida. Este hecho, junto con las graves inconsecuencias que –con excesiva frecuencia– se encuentran en los textos de los biólogos considerados generalmente como reduccionistas, se hace especialmente patente en la apasionante historia de la biología del siglo XIX. La relación de uno de los fundadores de la teoría celular (el reduccionista Theodor Schwann) con su maestro, el vitalista Müller, constituye uno de los ejemplos más aleccionadores que nos

¹ Contemplada desde esta perspectiva, la historia del pensamiento científico podría ser entendida como el paso de la interpretación biológica de los fenómenos físicos del cosmos, a la interpretación física de los sistemas vivos. Cfr. HALL, T. S., *Ideas of life and matter*, vol II, Chicago, The university of Chicago Press, 1969, p. 366.

² GONZÁLEZ RECIO, J. L., «El tenaz espectro del vitalismo», en *Anales del seminario de metafísica*, n° extra, Madrid, ed. Complutense, 1992. La expresión «el espectro del vitalismo» es de Du Bois.

ofrece la historia de la ciencia para ilustrar este complejo fenómeno. Por otra parte, contribuye a poner una vez más de manifiesto cómo las teorías científicas no pueden prescindir de una serie de supuestos filosóficos que, de forma más o menos consciente, las acompañan desde su origen. Pese a lo que en un principio podría parecer, la ciencia no sólo se muestra incapaz de dirimir las discusiones filosóficas, sino que sus teorías se nutren precisamente de una toma de postura previa respecto a ellas.

El vitalismo constituye un marco interpretativo que admite como causas de los fenómenos biológicos –y, por tanto, como explicación de los mismos– una serie de entidades cuyo estatuto ontológico no cae dentro de lo que la física de cada periodo acepta como elementos constituyentes últimos del cosmos³. Este planteamiento lleva al estudioso de la filosofía de la ciencia a plantearse una gran cantidad de cuestiones relativas al modo en que se entienden dichas «causas», a lo que constituye el objeto legítimo de la biología, o al carácter –ya de por sí problemático– de los elementos en los que la ciencia de cada época ha querido situar el trasunto «realmente existente» de los fenómenos naturales. En este artículo vamos a presenciar cómo cada una de estas cuestiones se va a ir conformando de manera ineludible a medida que se construye la teoría celular. Y una de las primeras conclusiones a las que nuestro análisis nos llevará, será precisamente a la constatación de que el término «vitalismo» resulta ser excesivamente amplio para abarcar la gran cantidad de matices propios del pensamiento biológico y filosófico de los autores a los que nos vamos a referir. Establecer y clasificar los distintos tipos de vitalismo que irán surgiendo ante nuestros ojos nos ayudará, a su vez, a poner de manifiesto la sorprendente riqueza filosófica de una de las principales teorías científicas de las que surge la moderna biología.

2. El vitalismo de Müller

El último reducto en el que la historia de la ciencia va a ver refugiarse el vitalismo será el ámbito de la biología. Ello es debido a que cualquier fenómeno vital –desde la citogénesis hasta la embriogénesis considerada a un nivel macroscópico– parece resistirse especialmente a diluir su complejidad en los sencillos conceptos propuestos por la concepción mecánica de la naturaleza. Ni siquiera una materia «animada» por fuerzas de interacción gravitacional parece poder dar razón de la complejidad y de las características propias de los organismos vivos. De ahí que fueran tan numerosos los biólogos y los médicos del siglo XIX que

³ En este sentido, resulta inevitable aludir a las críticas que dirigía Diderot al proyecto reduccionista que se vio potenciado con el desarrollo de la deslumbrante física newtoniana. Diderot consideraba que los intentos de aplicar el paradigma newtoniano a la biología sólo podían producir la risa de los niños y de los filósofos. El rechazo de las causas finales llevaba a los biólogos fieles a la filosofía de la naturaleza newtoniana a «renunciar al sentido común y precipitarse en un abismo de misterios, contradicciones y absurdos, por no admitir una suposición simple que lo explica todo». En DIDEROT, D.: *Le rêve de D'Alembert*, en *Oeuvres*, París, Gallimard (La Pléiade), 1935, p. 677.

—pese a los impresionantes logros alcanzados por la física de su época— se resistieron a entenderse a sí mismos —y a los organismos en general— como extraños en una naturaleza automática, ontológicamente simple, pasiva y fácilmente cuantificable⁴. Pese a que el auge de la física del siglo XIX parecía poner trabas a cualquier concepción vitalista de la ciencia, es precisamente entonces cuando surge una filosofía de la naturaleza que resulta ser su mejor aliada. Nos referimos, claro está, a la *Naturphilosophie*, cuyos supuestos se mostraban especialmente adecuados para acoger la hipótesis de la constitución celular de los organismos⁵.

Dentro del panorama científico y filosófico de las ciencias biológicas del siglo XIX destaca especialmente la figura de Johannes Müller (1801–1858). Ello no sólo es debido a sus impresionantes aportaciones al desarrollo de la fisiología⁶ y a su matizada filosofía de la vida. Por encima de todo ello, el interés que ofrece Müller al filósofo de la ciencia se debe a que, entre los relevantes alumnos que se formaron bajo la tutela de este declarado vitalista (Henle, Kölliker, Remak, Virchow ...), se encuentran los más recalcitrantes reduccionistas del periodo (Du Bois Reymond, Schwann y Helmholtz). En la redacción de su obra principal, el *Handbuch der Physiologie des Menschen*⁷, editado en dos volúmenes aparecidos en 1834 y 1840 respectivamente, colaboró muy estrechamente su entonces ayudante Theodor Schwann.

Pese a que la dedicación de Müller a la histología fue muy limitada, fue él quien llevó a cabo la descripción de la notocuerda como «células íntimamente conexas entre sí, análogas a las células vegetales» (1834), lo que hizo surgir en la mente de su discípulo Schwann la hipótesis de que tal vez la teoría celular de Schleiden podría ser aplicada al reino animal. Por lo que respecta a la actitud de Müller ante dicha teoría, hemos de señalar que habrá que esperar a la tercera edición de su obra para

⁴ Prigogine y Stengers expresan así esta idea: «Un físico podría ser un espíritu puro; podría ser un niño sin experiencia, pero genial; un médico, un químico deben, en lo que a ellos respecta, poseer la experiencia y la instrucción, deben descifrar los signos, reconocer los indicios»; en PRIGOGINE, I. y STENGENERS, I.: *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1994, p. 116.

⁵ Merece la pena que nos detengamos a considerar el siguiente texto de Oken, en el que el biólogo romántico parece adelantar la teoría celular: «Todos los animales superiores deben descomponerse en animáculos constitutivos. Les llamaremos por ello animales primitivos (*Urtiere*), y son los elementos constitutivos no sólo de los animales, sino también de las plantas (...). Su asociación no se debe entender como un mero acoplamiento mecánico de unos animáculos con otros, como un puñado de arena en el que no hay más relación que la promiscuidad de los granos. No. Del mismo modo que el hidrógeno y el oxígeno desaparecen para formar agua; y el mercurio y el azufre cuando forman el cinabrio, se produce en el caso de los organismos una auténtica interpenetración, un entrelazamiento y una unificación de todos los animáculos. A partir de ese momento ya no tienen vida propia, sino que se ponen al servicio del organismo; trabajan por el funcionamiento común y único». Citado en KLEIN, M.: *A la recherche de l'unité élémentaire des organismes vivants. Histoire de la théorie cellulaire*, París, Palais de la Découverte, 1959, pp. 8 y 9. No parece casual que la universidad de Zurich —en la que Oken terminó su carrera— acabara destacándose en el panorama científico mundial por ser uno de los centros de estudio más importantes de anatomía microscópica, ni que Müller fuera en sus inicios un *Naturphilosoph*, y Purkinje un íntimo amigo de Goethe. Por otra parte, debemos señalar que el tratado de filosofía de la naturaleza de Oken tuvo tres ediciones, y la última de ellas —publicada en 1843— fue posterior a la publicación de la obra de Schwann (1839), que sólo gozó de una edición.

⁶ Hall sostiene que su *Handbuch* era lo mejor que se había escrito en medicina desde los *Elementos* de Haller. Cfr. HALL, T. S., *o. c.*, p. 260.

⁷ *Tratado de fisiología humana*.

verle admitir que «este tejido celular, similar al vegetal, aparece en muchas partes». Finalmente, en la cuarta edición (1844), el concepto de célula estará totalmente incorporado al prólogo, en el que veremos a Müller sostener que «en el estado de la estructura más simple y originaria existente en las plantas y animales, la materia orgánica forma en general una célula (Schwann) que usualmente consta de un núcleo en su interior»⁸. Pero no se puede hablar de la ciencia y de la filosofía de la vida de Müller sin hacer una breve referencia a la química orgánica de Gmelin:

Leopold Gmelin consideraba que los compuestos orgánicos sólo se pueden formar mediante procesos de síntesis que ocurren exclusivamente en los seres vivos. Ello se debe a que dichas reacciones se encuentran «guiadas» en ellos por la influencia de una fuerza vital, y es precisamente la existencia de dicha fuerza lo que constituye el rasgo característico y exclusivo de los seres vivos. Debido a la acción de este misterioso principio, los organismos están constituidos por compuestos que sólo se pueden encontrar en ellos. Los elementos de que constan dichos compuestos orgánicos son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y, a veces también, el nitrógeno. Si bien es cierto que estos elementos se encuentran asimismo en la materia inanimada, en ella siempre adquieren una disposición binaria, mientras que la configuración que presentan en los seres vivos es terciaria o cuaternaria. En efecto, la afinidad del oxígeno por el hidrógeno y el carbono, le predisponen a formar los compuestos binarios agua y ácido carbónico. El hecho de que en los organismos se venza esa tendencia y dichos elementos se combinen formando compuestos terciarios y cuaternarios sólo se explica, según Gmelin, si se supone que en ellos actúa una fuerza vital. De hecho, esta hipótesis parece verse confirmada cuando se observan los procesos químicos propios de la muerte, pues en el momento en que la fuerza vital abandona el organismo comienzan a aparecer en él los compuestos binarios⁹.

Müller tomará de Gmelin estas ideas, y construirá una teoría de la vida basada en ellas. Según ésta, el *quid* propio de lo vivo consistirá en la capacidad de los átomos de los seres organizados para trascender sus tendencias intrínsecas a formar únicamente compuestos binarios. Por otra parte, las tesis de Gmelin llevan al biólogo a plantearse la siguiente pregunta: ¿La organización molecular crea por sí misma la posibilidad de las manifestaciones vitales, o es una entidad causal impuesta –sobreañadida a la materia ordinaria– la que crea la organización molecular necesaria para la aparición de la vida? La opción de Müller por la segunda posibilidad le lleva a postular la existencia de una *vis essentialis*¹⁰ que «crea todas las partes esenciales de los seres vivos y genera en ellos aquella combinación

⁸ LOHFF, B : «Johannes Müller Rezeption der Zellenlehre in seinem *Handbuch der Physiologie der Menschens*, *Medizinhistorisches Journal*, 13, 3–4: pp. 247–258, 1978.

⁹ Esta teoría hace lógicamente imposible la heterogénesis (la formación de seres vivos a partir de materia inerte), por lo que la síntesis de la primera sustancia orgánica en un laboratorio (la urea) le asestó un golpe durísimo, que acabó con ella.

¹⁰ También denominada, en otros lugares de su obra, «principio vital creativo», «fuerza vital», o «fuerza orgánica».

de elementos, el resultado de la cual es la capacidad de moverse y sentir»¹¹. Habrá que esperar a la siguiente generación de fisiólogos formados por el genial Müller –especialmente a Helmholtz– para ver explorada la primera opción desatendida por aquél, y a la que la filosofía de la ciencia califica de emergentismo reduccionista.

Pero el vitalismo de Müller presenta los matices «fiscalistas» que resultan inevitables en cualquier científico del siglo XIX. En virtud de ellos, el fisiólogo se apresurará a establecer paralelismos entre dicha fuerza vital y la gravedad newtoniana. Con ello pretendía –como era habitual en su época– obtener una carta de ciudadanía para su *vis essentialis*, que hiciera de ella un miembro de pleno derecho de la buena y auténtica ciencia. Esta conexión de la fuerza vital con las del mundo físico justificaba el hecho de que su esencia no pudiera ser en ningún caso objeto de estudio de las ciencias de la vida, y que los biólogos sólo pudieran aspirar a obtener un conocimiento indirecto de ella, a través de sus manifestaciones. Pero el propio Müller no va a respetar el criterio de demarcación que acaba de establecer para la actividad científica, y aventurará que su fuerza vital tal vez consista en algún tipo de fluido imponderable. Con este recurso pretendía aproximar una vez más sus comprometidas tesis a las de la física de su tiempo, ocupada entonces en el estudio de los objetos que acabarían provocando en su seno una profunda crisis. Nos referimos, claro está, al calórico, la luz, la electricidad, el magnetismo, etc. Según el nuevo paradigma, la fuerza vital pasaría sencillamente a engrosar el inventario de estas misteriosas formas de materia, sin llegar a confundirse con ninguna de ellas. La única interpretación de la fuerza vital que el vitalismo de Müller considera inadmisibles es la que pretende asimilarla a un principio psíquico, de acuerdo con el ideal de Stahl. Frente al animismo stahliano, la fuerza vital no tiene nada que ver con la mente y actúa «de acuerdo con la ley eterna (...) pero sin consciencia»¹². Cualquier otra forma de espiritualismo resultaba ser para Müller esencialmente incompatible con el desarrollo de una fisiología científica. Pero nada mejor que ceder la palabra al propio Müller para acabar de matizar su concepción holista del organismo (*organische Ganze*) y de la fuerza vital que lo constituye y lo conserva:

«No debe compararse la fuerza organizante con algo análogo a la conciencia espiritual, no debe compararse su necesaria y ciega actividad con ningún concepto concreto. Nuestros conceptos del todo orgánico son meras ideas conscientes (...) La fuerza orgánica es una fuerza de creación que transforma convenientemente la materia. (...) Si ha de imaginarse este principio como materia imponderable o como fuerza, es algo tan incierto como sucede con cuestiones análogas de diversos fenómenos importantes de la física y de la fisiología»¹³.

En efecto, «en todas las ciencias aparecen conceptos (...) que no se experimentan con los sentidos, sino que se abstraen con el espíritu», y pese a que el estudio de dichos conceptos pertenece al ámbito de la filosofía, «en cuanto

¹¹ HALL, T. S., *o. c.*, p. 261.

¹² HALL, T. S., *o. c.*, p. 262.

¹³ LOHFF, B.: *o. c.*, p. 253.

aparecen conceptos en una ciencia de los que se infieren fenómenos, aquéllos son también fisiológicos»¹⁴.

De hecho, la *vis essentialis* no resulta ser en absoluto incompatible con un fértil reduccionismo metodológico, que constituye la garantía de la posibilidad de una biología científica. Su valor heurístico se pone de manifiesto cuando se observa que dicha fuerza vital varía de intensidad en relación con la composición de los agentes físico-químicos que determinan la vida del organismo. Dado que la *vis essentialis* se ve estimulada e inhibida en función de la variación de las condiciones de presión, temperatura, alcalinidad, etc del medio en el que se desarrolla el ser vivo, la tarea que el vitalismo de Müller propondrá a la nueva biología consistirá en el estudio y la cuantificación de la influencia de dichos agentes (los «estimulantes vitales» o «vivificantes») en la variación de la «vitalidad» de los diferentes tejidos.

La filosofía de la vida de Müller está, por tanto, teñida de aristotelismo y de kantianismo. De hecho, es esta concepción de los organismos lo que le permite aceptar la existencia de la epigénesis, pese a no contar aún con una explicación científica para ella. La fisiología propuesta por el antiguo *Naturphilosopher* entiende que la progresiva diferenciación de la amalgama amorfa –en la que consiste la embriogénesis– es causada por la *vis essentialis*, «cuyas operaciones se llevan a cabo siguiendo un plan racional»¹⁵. Se trata de una concepción holista, bien estructurada y consecuente, que admite la existencia de causas finales (la configuración y el funcionamiento del todo) que determinarían el transcurrir temporal de los fenómenos (la compleja disposición de las moléculas que constituyen los tejidos)¹⁶. Este holismo no debe ser confundido –como hemos señalado– con un mero emergentismo. En efecto, el matizado vitalismo de Müller entiende que el funcionamiento de los sistemas vivos no emerge como una mera consecuencia natural o mecánica de la disposición extraordinaria de la materia ordinaria que los constituye. Más bien son «las partes individuales (las que) se adaptan al diseño del todo, y es en eso en lo que se distingue el organismo»¹⁷. La metáfora que menos conviene a los organismos es, por tanto, la de los relojes, tan del gusto de la biología de siglos precedentes. En este punto, las tesis de Müller coinciden exactamente con las de Kant¹⁸, por lo que utilizamos la expresión «holismo

¹⁴ *L. c.*, p. 257.

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ *L. c.* Esta forma de causalidad descendente explica el asombroso proceso de la embriogénesis, pues «la fuerza orgánica que reside en el todo tiene el poder de generar a partir de la materia orgánica los órganos necesarios para el todo». *Ibid.*

¹⁷ Citado en HALL, T. S., *o. c.*, p. 262.

¹⁸ Creemos interesante traer aquí el parágrafo 65 de la *Crítica del juicio*, en el que Kant explica en qué sentido es inadecuada la imagen de los relojes para aclarar la naturaleza de los organismos: «En el reloj, una parte del mecanismo es instrumento que hace moverse al resto, pero ni una sola rueda constituye la causa eficiente a que responde la existencia de las demás; una parte del mecanismo existe en función del resto, pero no por medio de él ... De aquí que ni una rueda del reloj haga nacer las otras ni un reloj engendre otros relojes, utilizando para ello otras materias (organizándolas); por ello los relojes no suplen por sí mismos las partes que se pierden o se destruyen, ni compensan su ausencia mediante la incorporación de otra, ni se reparan automáticamente al estropearse, hechos todos que, en cambio, sí tenemos razones para esperar de la naturaleza orgánica. Por tanto,

kantiano» para referirnos a su filosofía de la vida. No debemos olvidar, por otra parte, que Schelling dijo de los párrafos de la *Crítica del juicio* dedicados a la finalidad en los organismos, que tal vez no se habían condensado jamás en tan pocas páginas tantos y tan profundos pensamientos ¹⁹.

Cuando la fisiología de Müller se muestra dispuesta a aceptar la teoría celular de Schwann, lo hace adaptándola a la filosofía de la vida desde la que la acoge. De este modo, Müller aceptará que las células «poseen vida propia dentro del todo, (...) son también portadoras de las fuerzas activas en el proceso vital, y poseen una fuerza para transformar la materia que se encuentra en contacto con ellas, que es la fuerza metabólica de las células» ²⁰, pero ello no le impedirá añadir que

«esta armonía de los miembros respecto al todo no existe, sin embargo, sin la influencia de una fuerza que también actúa a través del todo y no depende de las partes singulares, y esta fuerza existe antes de que existan los miembros armónicos del todo (...). En un mecanismo adecuadamente compuesto, por ejemplo, en un reloj, el todo adecuado puede mostrar una actividad que surge de la cooperación de las partes singulares, que es puesta en movimiento por una causa; pero los seres orgánicos no existen meramente por una asociación causal de los elementos, sino que crean también los órganos necesarios para el todo» ²¹.

El holismo kantiano de Müller, por tanto, entiende que la armonía entre las partes que caracteriza a los organismos requiere como principio explicativo de la existencia de una fuerza que las coordine. Dicha fuerza no puede ser sustituida por la función de algún órgano concreto de la economía —como el sistema nervioso central o la pituitaria, propuestas por otras teorías biológicas del pasado—, pues su existencia debe ser previa a la configuración y a la acción de *todas* las partes de dicho organismo ²². Por otra parte, su acción no se limita a la configuración del organismo, pues la fuerza vital sigue operante a lo largo de todo el proceso de desarrollo de los seres vivos, y es la responsable de que los fenómenos químicos que acontecen en el organismo confluyan para hacer posible su crecimiento, reparación, reproducción y autoconservación.

La complejidad y la profundidad de la concepción mülleriana de los organismos explica que los historiadores de la ciencia no se pongan de acuerdo a la hora de catalogar su filosofía de la vida. Así, es presentado por Jahn como el introductor del

un ser orgánico no es una simple máquina, pues mientras que ésta tiene sólo fuerza motriz, aquél encierra también fuerza creadora, la cual se comunica además a las materias que carecen de ella ...; encierra, por consiguiente, una fuerza creadora que se trasplanta y procrea y que no puede ser explicada simplemente por medio de la capacidad de movimiento (del mecanismo)». Citamos la traducción ofrecida en CASSIRER, E.: *Kant, vida y doctrina*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1993, p. 394.

¹⁹ CASSIRER, E.: *o. c.*, p. 410.

²⁰ LOHFF, B. *o. c.*, p. 254.

²¹ *L. c.*, pp. 257–58, N. 43. Sugerimos la comparación de este texto con la cita de Kant a la que nos acabamos de referir en la nota 18.

²² En este punto, la filosofía de la vida de Müller resulta ser claramente inconsecuente con la tesis más importante de su fisiología. Nos referimos a la teoría del crecimiento vascular de los animales, que expondremos más adelante. Ver nota 57.

método experimental en la biología alemana²³, mientras que Radl prefiere destacar los lazos que todavía le unen con las apuestas ontológicas de la *Naturphilosophie*. En este sentido, el historiador llama nuestra atención sobre las críticas que dedicó Müller precisamente al método experimental, al que consideraba «artificial, impaciente, caprichoso, saltarín, apasionado y poco de fiar»²⁴. Como alternativa a él, el fisiólogo propone la observación entendida en un sentido que hoy nos resulta un tanto extraño, como ponen de manifiesto sus propias palabras: «Dejad que el espíritu averigüe cuanto quiera, pues llegará a saber más de lo que las cosas tienen de cognoscible por los sentidos; y así como sus experimentos y observaciones proceden de la idea, así vuelven a transformarse en ideas. La experiencia viene a ser como el fermento creador del espíritu»²⁵. Albarracín, por su parte, explica estas contradicciones alegando que resultan comprensibles en «esa generación intermedia germana que, en torno al cuarto decenio del siglo, trata de irrumpir en el ámbito científiconatural, pero sin renunciar totalmente a su formación científica especulativa»²⁶. Otra estudiosa de la obra de Müller, Brigitte Lohff, destaca esa ambivalencia como un rasgo característico del *Handbuch*, en el que se alternan los argumentos de filiación romántica (armonía, fuerzas, totalidad ...) con los que se retrotraen a la observación, la comprobación experimental y el reduccionismo físico-químico²⁷. Entendemos que otro aspecto de la ciencia de la vida mülleriana que resulta ser deudor de las tesis fundamentales de la biología romántica es su concepción de la fisiología como una anatomía superior. En este sentido, los discípulos reduccionistas de Müller optaron por adoptar actitudes más modernas que las de su maestro al pretender realmente llevar a cabo una auténtica fisiología experimental, no basada ya en la morfología.

Schwann, por su parte, entendía que existía una clara contradicción en el pensamiento de Müller entre su aceptación de la autonomía celular y su aferramiento a la hipótesis de la fuerza vital²⁸. Pero son precisamente estos «restos» románticos del pensamiento científico y filosófico de Müller los responsables de que la teoría celular de su alumno –ideada por éste precisamente para rebatir la concepción mülleriana de la vida– encontrara una acogida tan inmediata como entusiasta no sólo en su fisiología, sino también en su filosofía de la vida²⁹. De ahí que el maestro vitalista de Schwann, orgulloso sin duda de los logros alcanzados por el que consideraba su sucesor espiritual, no dudara en afirmar que «los

²³ JAHN, I, *et als.*: *Historia de la biología*, Barcelona, Labor, 1989, p. 328.

²⁴ Citado en RADL, E., *Historia de las teorías biológicas*, Vol. II, Madrid, Alianza, 1988, p. 73.

²⁵ Citado en RADL, E., *o. c.*, p. 73.

²⁶ ALBARRACÍN, A.: *La teoría celular*, Madrid, Alianza, 1983, p. 92.

²⁷ LOHFF, B., *o. c.*, p. 251.

²⁸ Otros autores de la época que reivindican una interpretación holista de la teoría celular son Claude Bernard y Henle, que fue también alumno de Müller.

²⁹ En efecto, como ya hemos señalado, la hipótesis de la constitución celular de los organismos no resultaba en absoluto extraña a la biología romántica. Ver al respecto la cita de Oken de N. 5.

descubrimientos de Schwann pertenecen a los más importantes progresos efectuados en la fisiología»³⁰.

3. La concepción celular de los vegetales según Matthias Jacob Schleiden

Nacido en Hamburgo (1804–1881), estudió leyes en Heidelberg, y trabajó como abogado en su ciudad natal hasta 1833. Este año, una profunda crisis personal—que incluyó un intento de suicidio dos años antes— le impulsó a reorientar su vida y a comenzar la carrera de medicina en Gotinga. Allí se inició en el estudio de la botánica a través de las clases de Bartling, y decidió consagrarse al estudio de esta disciplina, alentado por su tío—el también botánico Johann Horkel— e influenciado por von Humboldt y por Robert Brown. En 1839 es ya profesor extraordinario de botánica en Jena, ciudad en la que conocerá y recibirá la decisiva influencia de los filósofos Jacob Friedrich Fries y Ernst Friedrich Apelt. Fruto de ella será su rechazo de la especulación de la *Naturphilosophie*, y su defensa de la investigación inductiva y analítico-causal basada en la experiencia. A partir de 1857 decaerá su actividad científica y comenzará a dedicarse a labores divulgativas, hasta que en 1862 renuncia a su cátedra de Jena para trasladarse a Dresden. Entre 1863 y 1875 centrará su interés en la antropología, materia ésta sobre la que publicará dos obras y de la que llegará a ser profesor en Dorpat en el año 1863. Un año después dejará Dorpat y se instalará de nuevo en Dresden, donde volverá a dedicarse a la divulgación científica bajo la protección de la Gran Duquesa Helena Paulowa³¹. Para añadir una pincelada emocional al retrato que pretendemos traer aquí de Schleiden, bastará con que hagamos alusión a la acritud expositiva y a la despiadada crítica que el genial botánico dedica en su obra *La botánica como ciencia inductiva*³² a sus coetáneos, y que hizo que Kützing le dedicara el siguiente comentario: «¡Un libro interesante, peculiar y notable! Interesante por lo mucho picante que ofrece,

³⁰ LOHFF, B.: *o. c.*, p. 251. De hecho, no es casual que el fino olfato antimetafísico de Comte le llevara a dirigir a la teoría celular sus más duras críticas. En la lección 41 de su *Curso de filosofía positiva* expone su opinión al respecto con una claridad que no deja lugar a dudas: «... estos espíritus ambiciosos [Comte se refiere a los citólogos alemanes] han intentado penetrar más allá del término natural de la analogía anatómica, esforzándose por formar el mismo tejido generador a partir del químérico e ininteligible ensamble de una especie de mónadas orgánicas que serían, por tanto, los verdaderos elementos primordiales de todos los cuerpos vivientes (...). A mi entender, resultaría imposible imaginar en el orden anatómico una concepción más profundamente irracional y que fuese más apropiada para entorpecer directamente el verdadero progreso de la ciencia». COMTE, A.: *Cours de philosophie positive*, Vol. 3, París, Societé Positiviste, 1893, p. 419, (Reprod. Facs. De la 1ª ed.: París, Bechellier 1838). Este texto es, por tanto, anterior en un año a la obra de Schwann. En esta época Comte pensaba que la biología estaba ya perfectamente constituida como ciencia. Comte entendía que el microscopio era un método de investigación equívoco y consideraba que la teoría celular era el fruto de un sistema metafísico que sólo podía entorpecer el avance de la ciencia. Ello explica la mala acogida que se le dispensó a esta teoría en Francia, pues, pese a contar este país con grandes microscopistas (Pouchet, Donné, ...), dicha disciplina fue atacada y menospreciada allí de una manera especialmente injusta. En París, sus únicos defensores influyentes fueron Claude Bernard y Duval.

³¹ Cfr. ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, pp. 37–39.

³² SCHLEIDEN, M. J.: *Die Botanik als induktive Wissenschaft. Grundzüge der wissenschaftliche Botanik nebst einer Einleitung als Anleitung zum Studium der Pflanzen*, (La botánica como ciencia inductiva. Fundamentos de la botánica científica, junto con una introducción que sirve como guía para el estudio de las plantas). Leipzig, W. Engelmann, 1849–1850.

peculiar por la insolencia que el autor (...) descarga sobre las capacidades de reconocidos y honorables autores de su especialidad, y notable por el menosprecio de todas las autoridades»³³. Pero centrémonos a continuación en las influencias filosóficas que determinaron el pensamiento de Schleiden.

La filosofía de Fries —profesor de Filosofía y Matemáticas Elementales en Heidelberg, y de Filosofía en Jena— pretendía ser una alternativa a las propuestas del idealismo postkantiano de Fichte, Schelling o Hegel. La «escuela fresiana» agrupó muy pronto a su alrededor a un gran número de científicos y filósofos, a la cabeza de los cuales destacaba su discípulo Apelt. De esta fructífera asociación surgieron los *Abhandlungen der Frieschen Schule* (*Memorias de la escuela fresiana*, 1848–1849), y el propio Schleiden confiesa en las primeras páginas de su *Botánica como ciencia inductiva* (1842–3) que el fundamento filosófico de su obra se encuentra precisamente en las obras de Kant y de Fries. De hecho, Schleiden mismo confirmó que la introducción a la primera edición de los *Grundzüge* había sido muy prolijamente discutida por él con Fries. En ella, el botánico trata de la contraposición existente entre dogmatismo e inducción, y sostiene que dicha controversia ha quedado zanjada en las ciencias naturales a favor de la inducción. Se lamenta de que sólo en el terreno de la botánica se hayan producido regresiones hacia el dogmatismo, y entiende que ello es debido a la falta de formación tanto filosófica como físico-química de la que adolecen muchos botánicos, que les impulsa a adoptar ante los problemas de la biología una actitud dogmática y escolástica³⁴. Pero los filósofos en los que Schleiden decidió inspirarse consideraban que también la botánica debía ser cultivada como ciencia inductiva, y que el fundamento de la inducción lo constituyen los juicios *a priori* a que están sujetos los hechos de la experiencia. Ello permite distinguir la inducción «racional» de la «empírica», y lleva a considerar la primera de ellas como el único puente legítimo que cabe tender entre la experiencia y la ciencia natural. En efecto, «la inducción sola no puede contribuir a nuestro conocimiento (...), si no se apoya en nociones percibidas *a priori*. Así, por ejemplo, nuestra facultad de juicio exige *a priori* la validez de las nociones causales como condición de posibilidad de la experiencia, y sobre este supuesto puede ser utilizada la inducción»³⁵. Como consecuencia de todas estas consideraciones filosóficas, Schleiden rechaza todo intento de conocer el *noumeno* kantiano, y busca una explicación mecánica de la naturaleza basada en la acción de fuerzas fundamentales que originan formas.

Schleiden se definía a sí mismo como un mecanicista evolucionista que pretende hacer de la biología una ciencia experimental. Así, en sus *Grundzüge der*

³³ Citado por ALBARRACÍN, A., en *o. c.*, p. 45. Al parecer, sólo se salvaron de su hiriente ironía Robert Brown y Hugo von Mohl.

³⁴ *Cfr.* ALBARRACÍN, A., *o. c.*, p. 46.

³⁵ APELT, E. F.: *Die Theorie der Induction* (*La teoría de la inducción*), Leipzig, 1854, p. 46. Citado por ALBARRACÍN, A., en *o. c.*, p. 43.

wissenschaftliche Botanik (1842)³⁶, asumirá uno de los supuestos clásicos de la epistemología del siglo XIX al sostener que la ciencia debe mantenerse al margen de cualquier pregunta que se refiera a la esencia de la vida. Con ello, establece un también clásico criterio de demarcación entre ciencia y filosofía. Mientras que ésta puede entregarse a la (infructuosa) labor de determinar las esencias de los fenómenos, la biología debe limitarse a buscar explicaciones mecánicas para ellos, manteniéndose siempre dentro del paradigma general propuesto por la que entonces se consideraba la única física posible: la mecánica newtoniana. De este modo, «así como el cristalógrafo intenta explicar la estructura inorgánica por la atracción y la repulsión de las moléculas, así también el morfológo debe explicar a través de las mismas fuerzas las formas orgánicas»³⁷. Sin embargo, no dudará en recurrir en sus escritos científicos a la *fuerza formativa* de Blumenbach³⁸, a la que ahora denominará *impulso formativo* (*Bildungstrieb*)³⁹. Dicha fuerza guiaría el desarrollo del embrión y el crecimiento del ser vivo hasta su muerte. Para salvar esta teoría de las siempre temidas críticas antivitalistas, se apresurará a negar el carácter espiritual de dicha fuerza, y supondrá que no es exclusiva de los seres vivos, sino que se encuentra también en los astros. Con ello cree cumplir una de las máximas metodológicas —la primera— que él mismo había establecido para la ciencia: «La ciencia natural estudia el cuerpo, no el espíritu»⁴⁰.

Las inconsecuencias de la filosofía de la vida de Schleiden no sólo afectan a su modo de entender la «fuerza formativa» y a la incompatibilidad de ésta con su declaración de principios mecanicistas. También se hacen extensivas a su aceptación de la heterogénesis, esto es, de la posibilidad de que los primeros organismos hubieran surgido «en la noche de los tiempos, fruto de la lucha de los elementos inorgánicos»⁴¹, sin que en este proceso mediara ya ninguna *Bildungstrieb* responsable de la organización de dicha materia inanimada. En este sentido, Schleiden opta una vez más por una explicación mecanicista del origen de la vida que presenta, además, matices evolucionistas. Éstos le llevan a aventurar la hipótesis de que hubiera bastado que el improbableísimo proceso primigenio de organización de la materia inanimada se hubiera producido una sola vez para explicar toda la biodiversidad actual. Según esta concepción, «dada la primera célula, se abre el camino para la total proliferación del reino vegetal»⁴².

³⁶ *Fundamentos de la botánica científica*. En la segunda edición (1845–6) cambió el título de la obra por el de *Die Botanik als induktive Wissenschaft* (*La botánica como ciencia inductiva*). Ver nota 32.

³⁷ ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 58.

³⁸ Se trata de un concepto acuñado en 1791 para designar una fuerza formativa especial que actúa no sólo en el desarrollo del embrión, sino también en toda clase de crecimiento, regeneración y reproducción de los seres animados.

³⁹ «El principio vital genuino es la *Formenbildung*, impulso formativo, *nisus formativus*, que se encuentra en estado embrionario en los cristales, llega a la infancia en los vegetales, y alcanza en el animal el estado de madurez», *Grundzüge*, Introducción, citado por ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 58.

⁴⁰ *Cfr.* ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 44.

⁴¹ *Die Pflanze und ihr Leben* (*Las plantas y su vida*), 1848, p. 267. Citado en *o. c.*, p. 56.

⁴² *Ibid.* Citado en *o. c.*, p. 57.

Por lo que se refiere a sus planteamientos metodológicos, Schleiden pretende alejarse con ellos de los supuestos de sus predecesores, los *Naturphilosophen*. Sin duda, entre las aportaciones de la biología romántica a la filosofía hay que destacar la cantidad de cuestiones epistemológicas que sus detractores científicos se sintieron en la obligación de abordar con el fin de justificar su alejamiento de dicha escuela filosófica. Así, el padre de la teoría celular se manifestará partidario del empleo del método experimental en biología, y abogará porque las observaciones científicas se hallen exentas de hipótesis especulativas. Schleiden cree, además, que las observaciones científicas sólo deben ser guiadas y ordenadas siguiendo el *método genético*, esto es, limitándose a la descripción de la evolución de los organismos⁴³. En sus propias palabras, «el único recurso metodológico dado por la naturaleza del objeto mismo es el estudio de la historia del desarrollo orgánico»⁴⁴. Schleiden entiende que es el ideal de una ciencia inductiva lo que le conduce a esta «filosofía genética», pues, del mismo modo que en la inducción se pasa de lo particular a lo general (de lo simple a lo complejo), la ciencia sólo puede entender los procesos de la vida siguiendo su evolución. Ello es debido a que ésta consiste precisamente en el paso de lo simple a lo complejo. Esta sorprendente forma de entender la inducción puede ser interpretada como una consecuencia de la difícil y contradictoria encrucijada en la que se sitúa el pensamiento de Schleiden, definida por los supuestos y los ideales de la morfología alemana y de las modernas ciencias experimentales, que están surgiendo precisamente en ese momento. De ahí que Schleiden invite a la nueva ciencia a abandonar definitivamente las hipótesis que guiaban las observaciones de la filosofía romántica alemana, como la doctrina de la unidad del plan, la de la metamorfosis o la de las homologías. En palabras del propio Schleiden, «toda hipótesis, toda inducción en botánica debe desecharse por completo si no está orientada por la historia de la evolución»⁴⁵. Frente a las «fantasías filosóficonaturales de rígidas visiones de tipos superiores y similares palabras huecas»⁴⁶, Schleiden invita al científico a «comunicar hechos y sus consecuencias inmediatas, pero no soñar»⁴⁷.

Entre los supuestos románticos que, pese a todo, identificamos en el pensamiento biológico de Schleiden destacamos precisamente estos ideales genético-evolutivos, que le llevarán a describir el objeto de la historia natural como

⁴³ Este hecho resulta más importante de lo que a primera vista pudiera parecer, pues valiéndose de la mera observación –como veremos más adelante–, los creadores de la teoría celular nunca hubieran podido aspirar a la universalización de su teoría. Independientemente del hecho de que tanto Schleiden como Schwann se equivocaran en lo relativo al mecanismo de la citogénesis, al entenderla como el resultado de una precipitación química en el seno de un protoplasma amorfo, lo importante es que se basaron en un modo único de reproducción para dar una solución al problema de la constitución última de los organismos.

⁴⁴ Queda así ilustrada la influencia del «modelo histórico» en el pensamiento biológico del siglo XIX. Citado en COLEMAN, W.: *La biología en el siglo XIX. Problemas de forma, función y transformación*. México, D. F., Fondo de Cultura Económica, 1983, p. 46.

⁴⁵ RADL, E., *o. c.*, p. 63.

⁴⁶ SCHLEIDEN, M. J.: «Beiträge zur Phytogenesis» («Aportaciones a la teoría de la citogénesis»), *Arch. f. Anat. Physiol. und wiss. Med.*, 137–176, 1838, p. 155. Citado en ALBARRACÍN A.: *o. c.*, p. 52.

⁴⁷ *Beiträge*, p. 158. Citado en *o. c.*, p. 53.

«lo configurable». Dicho proceso de configuración era concebido por nuestro botánico como un mero movimiento, siendo la fuerza moviente que conduce a dicha configuración la *Bildungstrieb*⁴⁸. Esta concepción dinámica de la naturaleza nos remite inevitablemente al pensamiento de Schelling y de Goethe, mientras que el papel preponderante que Schleiden asigna en ella a la morfología no se aleja en nada de los ideales de la biología romántica a la que, sin embargo, no dudará en repudiar. Su inconfesada deuda intelectual con la *Naturphilosophie* le llevará incluso a afirmar en algún momento que «la esencia de la botánica no hay que buscarla en las leyes de la física y de la química, sino en la configuración de las formas, en el desarrollo de las plantas como tales»⁴⁹.

Por otra parte, ya hemos señalado cómo el propio botánico transgredió esta declaración de normas epistemológicas, sin hacer en ningún momento un tratamiento explícito de la necesidad de dicha contradicción, y sin buscar algún tipo de justificación epistemológica para ella. Entre las principales inconsecuencias de su sistema hemos destacado la admisión de la *Bildungstrieb* –incompatible con sus ideales mecanicistas, entendidos en un sentido newtoniano– y la localización del origen de la vida a un nivel subcelular. En efecto, sus erróneas teorías citogenéticas –que sitúan el primer momento de la formación celular en un protoplasma amorfo– resultan ser incompatibles con los supuestos ontológicos básicos de la propia teoría celular, que pretende limitar el análisis de los organismos vivos a entidades microscópicas, pero ya organizadas. Pese a estas inconsecuencias –y pese a los errores acumulados por la primera teoría celular (primacía otorgada a la membrana respecto al núcleo, origen de las células, etc)–, podemos afirmar que Schleiden aplicó el nombre de «célula» a las mismas entidades a las que se lo aplicamos hoy.

4. Aportaciones de Theodor Schwann a la teoría celular. Su polémica con el vitalista Müller

Los biógrafos de Schwann coinciden en destacar la profunda fe religiosa y la vocación eclesial profesadas por el fisiólogo desde su niñez. Pese a estas inquietudes iniciales –alentadas por el catolicismo ferviente de su entorno familiar–, optó por estudiar medicina en Bonn, donde inició su colaboración y su amistad con Johannes Müller. En 1834, fecha en la que es contratado por su maestro como ayudante en el Instituto Anatómico de Berlín, el joven Schwann comienza a mostrar un gran interés por las concepciones mecanicistas de la naturaleza⁵⁰. Pese a todo, entre 1834 y 1839 colaborará con el vitalista Müller en la redacción del

⁴⁸ Cfr. JOST, L.: «Matthias Jacob Schleidens 'Grundzüge der wissenschaftliche Botanik' (1842)», *Sudhoffs Archiv*, 35; 3–4; 206–237, 1942. Citado en ALBARRACÍN, *a. c.*, p. 43.

⁴⁹ *Grundzüge*, 1ª ed., p. 15. Citado en ALBARRACÍN, *a. c.*, p. 44.

⁵⁰ Por estas fechas, Schwann se dedicaba a la cuantificación de la contracción muscular en diferentes circunstancias experimentales, con el fin de comparar ésta con la intensidad del estímulo que la provocaba. De hecho, Du Bois manifestó que «era la primera vez que alguien examinaba una fuerza eminentemente vital como un fenómeno físico, y que las leyes de su acción se expresaban cuantitativamente», citado en ALBARRACÍN, *A. c.*, p. 59.

famoso *Handbuch der Physiologie der Menschen*. Una vez más, la compleja biografía intelectual de Schwann se explica en parte si tenemos en cuenta el hecho de que pertenece a esa generación de tránsito de la *Naturphilosophie* a la *Naturwissenschaft* que –tal vez como reacción a los excesos de la primera– opta por entregarse de lleno al ideal experimental y cuantificador. En 1839 publica su obra principal, a la que inscribe dentro del marco interpretativo ofrecido por una filosofía de la naturaleza mecanicista y racionalista, las *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen*⁵¹, pero a partir de esta fecha, sorprendentemente, su carrera científica va a extinguirse. Tal vez ello fuera debido a los fuertes ataques que recibió por parte de Liebig y Wöhler a raíz de su teoría de la fermentación alcohólica (que Schwann asociaba a la actividad de seres vivos)⁵². Este lamentable suceso coincidió, además, con su fracaso en el intento de acceder a una cátedra en Bonn. Debido posiblemente a esta fuerte crisis personal y profesional, Schwann abandonó sus ideales mecanicistas y vio resurgir en él su fe religiosa. En esta nueva etapa, el aún joven científico se centra en la escritura de un complemento a las tres partes editadas de las *Mikroskopische Untersuchungen*⁵³, cuyo contenido ha sido calificado por los historiadores de la ciencia de esotérico y metafísico.

Lo que Theodor Schwann (1810–1882) pretendía con la extensión de las tesis botánicas de Schleiden al reino animal no era meramente la unificación –ontológica y científica– de los reinos animal y vegetal. Su interés primordial consistía de hecho en refutar definitivamente el vitalismo de su maestro Müller, sin negar por ello la existencia de la finalidad en la naturaleza. Schwann creía que la tesis de la constitución celular de los vegetales había eliminado definitivamente las fuerzas vitales de la botánica, y suponía que su aplicación a la zoología demostraría que «el fenómeno fundamental de la vida debía tener su razón de ser en las propiedades de los átomos»⁵⁴. Pero cedámosle la palabra al propio Schwann:

«Yo no he podido concebir jamás la existencia de una fuerza simple que cambiaría por sí misma su modo de acción, con objeto de realizar una idea, sin poseer no obstante los atributos característicos de los seres inteligentes. He preferido siempre buscar la causa de la finalidad, de la que la naturaleza entera ofrece testimonio hasta la saciedad, no en la criatura, sino en el Creador, y siempre de este modo he rechazado, por ilusoria, la explicación de los fenómenos vitales tal

⁵¹ *Investigaciones microscópicas acerca de la concordancia en la estructura y en el crecimiento de los animales y de las plantas.*

⁵² Para hacernos una idea del tono despiadado de las críticas de las que Schwann fue objeto, traemos aquí el título de un artículo de dichos autores: «*Das enträtselte Geheimnis der geistigen Gährung*» («El desvelado misterio de la fermentación espiritual»). Citado por FLORKIN, M.: *Naissance et déviation de la théorie cellulaire dans l'oeuvre de Théodore Schwann*, París, 1960, p. 89.

⁵³ Se trata de una serie de manuscritos inéditos conocidos como *Der Mensch, wie er ist und wie er sein soll*. En realidad, el título completo de la obra es: *Tagebuch innerer Ereignisse. Der Mensch, wie er ist und wie er sein soll, Irritabilität und Sensibilität, Ueber die Gehirnfunktionen, Theorie der Schöpfung*. (*Diario de experiencias internas. El Hombre, cómo es y como debería ser. Irritabilidad y sensibilidad, sobre las funciones del cerebro, teoría de la creación*).

⁵⁴ Citado en FLORKIN, o. c., p. 75.

como era concebida por la escuela vitalista. He considerado, por principio, que estos fenómenos tienen que ser explicados como los de la naturaleza inerte»⁵⁵.

A raíz de la «cena berlinesa» de 1.837, en la que Schleiden le habló del papel del citoblasto o núcleo en el desarrollo de las células vegetales, Schwann recordó haber observado un órgano similar en la cuerda dorsal⁵⁶. Ello le llevó a concluir que, si conseguía demostrar que se trataba efectivamente de núcleos, quedaría eliminado también el vitalismo del ámbito de la zoología. Una vez demostrada la existencia de células en algunos tejidos animales, así como la posibilidad de la división celular en ausencia de vasos sanguíneos, Schwann pasa a demostrar que *todos* los tejidos –sean vascularizados o carentes de vascularización– están constituidos por células. Dado que en el cuerpo animal desarrollado sólo se pueden reconocer células en algunos tejidos, Schwann hubo de adoptar el método genético de Schleiden para hacer extensiva su teoría a todos ellos. De ahí que fuera retrotrayéndose desde la conformación adulta hasta los primeros estadios de desarrollo de los diferentes tejidos. Schwann entendía que la aplicación de la teoría celular al estudio de los animales acabaría con la idea de que éstos se constituyen y conservan merced a la acción de una fuerza vital–que actuaría del mismo modo que lo hace un arquitecto cuando aplica los planos a la construcción de un edificio–, transmitida a los tejidos a través del omnipresente e inanalizable sistema vascular⁵⁷. No se le ocurrió la posibilidad de que su teoría pudiera ser interpretada como la introducción en el organismo de múltiples fuerzas celulares regidas y armonizadas –una vez más– por la acción de otra fuerza superior y totalizadora. En cualquier caso, el rechazo de la fuerza vital no fue una mera consecuencia del desarrollo de la teoría celular, sino que –a la inversa–, el punto de partida para la elaboración de la misma «era la duda sobre la posibilidad de la existencia de una fuerza vital»⁵⁸.

De hecho, la cuestión que plantea un mayor interés para el filósofo de la ciencia consiste en determinar si la filosofía de la naturaleza de Müller resulta compatible con el modelo propuesto por la teoría celular. La respuesta dada por el propio

⁵⁵ Citado en FLORKIN, : *o. c.*, p. 74

⁵⁶ «Habría entonces en el animal un órgano, la cuerda dorsal, compuesto de partes elementales que poseen su vida propia, que no dependen de una fuerza común del organismo. Ello sería, por tanto, todo lo contrario de la teoría generalmente admitida para los animales, según la cual una fuerza común construye el animal a la manera de un arquitecto». El texto pertenece al *Liber memorialis* de la manifestación en su honor del 23 de junio de 1878, en Lieja. Citado en ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 64.

⁵⁷ En la época constituía una opinión generalizada la tesis de que el crecimiento de los animales difería esencialmente del de los vegetales. En el reino vegetal se admitía la existencia de las células, y se suponía que el crecimiento de la planta se debía al crecimiento de las células que la constituían. Sin embargo, se entendía que el rasgo más característico de los animales consistía en poseer vasos, y se atribuía al sistema vascular la función de posibilitar la llegada a todas las partes del organismo animal de una fuerza, inherente al animal entero, que construye el cuerpo de acuerdo con una idea o plan. La teoría del crecimiento vascular de los animales estaba tan arraigada en las mentes del siglo XIX que sobrevivió durante mucho tiempo a hechos falsadores, como los experimentos que ponían de manifiesto la existencia en los animales de fenómenos de crecimiento no vascular localizados en tejidos como la córnea o la epidermis. *Cfr.* ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 62, N. 156.

⁵⁸ La cita pertenece a unas notas manuscritas de un curso de anatomía general impartido en Lieja en 1853 –que son conocidas como el *Manuscrito de Lieja*– y está tomada de ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 76.

Müller a esta pregunta fue en un principio negativa: la teoría celular debía ser inaplicable al reino animal, puesto que el crecimiento de los tejidos animales se debía a los vasos. Sus supuestos holistas le llevarán a otorgar una primacía tanto lógica como temporal al todo respecto a las partes, de forma que, si bien es cierto que son éstas las que lo constituyen, no lo es menos que dichas partes son a la vez constituidas por dicho todo. No debe, por tanto, extrañarnos que Schwann creyera haber rebatido experimentalmente la teoría vascular al mostrar que en tejidos carentes de circulación se formaban células nuevas en torno a un núcleo celular preexistente. Este hecho parecía demostrar que es la formación de las células la que hace posible el desarrollo general del organismo entendido como un todo⁵⁹. Con ello, Schwann creía haber relegado la causalidad descendente del holismo kantiano de Müller a un segundo plano, otorgando ahora la primacía a una causalidad ascendente entendida, además, en un sentido meramente reduccionista. Pero si bien Müller acogió con entusiasmo la hipótesis de la vida autónoma de las células, nunca llegó a aceptar que este supuesto básico de la teoría celular de Schwann supusiera el fin de su holismo organicista. Así, para el asombro de su discípulo, Müller siguió pensando que su particular filosofía de la vida era perfectamente compatible con la teoría celular.

Por otra parte, Schwann entenderá que la finalidad no es un rasgo exclusivo de los seres organizados, sino que se encuentra también en la naturaleza inanimada. Basándose en este hecho, el zoólogo nos propondrá la siguiente reflexión: «si en la naturaleza inorgánica todo se hace por fuerzas que actúan ciegamente sin proponerse un cierto objeto y, sin embargo, resulta de ello un todo perfecto, con una extrema conveniencia, ¿por qué admitir fuerzas diferentes en la naturaleza orgánica?»⁶⁰. Del mismo modo que la naturaleza nos ofrece el sorprendente espectáculo de la autorreparación de los cristales, y «lo mismo sucede cuando se considera la Tierra como un todo»⁶¹, sin que esta finalidad individual requiera de la existencia de fuerzas inteligentes —guiadas por planes racionales— podemos entender que

«la finalidad de los cuerpos orgánicos no es más que un mayor perfeccionamiento de la finalidad que se encuentra también en la naturaleza inorgánica. No estamos obligados a admitir otro principio. La idea que se expresa en la formación de un organismo no se encuentra situada ya en las fuerzas del propio organismo, sino más allá de toda la naturaleza, es decir, en Dios. Dios ha creado la materia con sus fuerzas. Éstas, una vez creadas, actúan ciegamente de acuerdo con las leyes de la necesidad. Producen así, no sólo un todo enteramente

⁵⁹ De hecho, entre los tres motivos que Schwann alega en *el Manuscrito de Liejja* contra la existencia de las fuerzas vitales, se encuentran «las leyes del crecimiento, porque no se ve razón para que la fuerza vital hiciese un rodeo por la vía de las células». L. c., p. 77. Las cursivas son nuestras.

⁶⁰ Cfr. FLORKIN, M.: o. c., pp. 75–79.

⁶¹ *Ibid.*

conveniente, sino también cuerpos particulares que poseen en sumo grado la finalidad individual; me refiero a los organismos»⁶².

Este supuesto está dotado de un gran valor heurístico, y sus consecuencias metodológicas no se hacen esperar, pues en virtud de él la tarea de la biología deja de consistir en el estudio de las fuerzas vitales, para convertirse en la determinación de los aspectos físico-químicos de la vida. En efecto,

«podemos considerar, señores, a los organismos y a toda la naturaleza desde un doble punto de vista: o bien considerando en ellos su finalidad, o bien examinando sus causas eficientes. Por el primer modo se intenta encontrar la idea que se expresa en la naturaleza y en los organismos particulares; se intenta, en tanto que posible, comprender la idea del Creador cuando dotó a la materia de sus propiedades particulares: El segundo encierra la cuestión de las causas eficientes de los fenómenos. El primero pertenece a la filosofía; el otro constituye sobre todo el objeto de las ciencias naturales (...), [que] deben mostrar cómo los fenómenos orgánicos son producidos por leyes tan necesarias como las de la naturaleza inorgánica»⁶³.

Schwann no duda en criticar el hecho de que sólo en biología sucede que los científicos creen haber explicado algo cuando demuestran su finalidad. No se cansará de insistir en que «no basta con conocer los fenómenos y explicar su finalidad, del mismo modo que no nos hemos contentado con señalar el orden admirable de nuestro sistema planetario, sino que se han investigado y encontrado las causas eficientes en las leyes de la gravitación»⁶⁴.

Pero en la última parte de las *Mikroskopische Untersuchungen ...* vamos a ver cómo Schwann transgrede el criterio de demarcación que el mismo acaba de establecer para la ciencia y la filosofía, y se lanza a la búsqueda «prohibida» del fundamento de los fenómenos vitales. Allí nos presentará lo que él mismo va a denominar su «teoría física», en la que el ajuste entre las partes del organismo vivo –su evidente adecuación a un fin– se explica recurriendo a la hipótesis de una suerte de armonía preestablecida al estilo leibniziano. Tanto la materia como las fuerzas que le son inherentes deben su existencia a la acción de un ser inteligente en el que sí se da una idea, una finalidad, una intención. De este modo, los aspectos «recalcitrantes» de los seres vivos, los que nunca acaban de encajar en las teorías físicas –y que son precisamente los que los caracterizan– quedan explicados en la biología de Schwann introduciendo la hipótesis de Dios. Si bien es cierto que el Dios de Schwann crea la materia, las fuerzas y sus leyes de una forma inalterable y ciega, no hay que olvidar que lo hace calculándolo todo de forma que unas moléculas se adecuen a otras y se produzca ese ámbito de la naturaleza tan especial que es el de los seres vivos. Como todo queda establecido y calculado en el momento de la creación, el Dios de Schwann «se retira» una vez hechas todas las cosas según acertados

⁶² *Ibid.*

⁶³ *Ibid.*

⁶⁴ *Ibid.*

cálculos. De este modo, «la idea que se expresa en la formación de un organismo no se encuentra situada ya en las fuerzas del propio organismo, sino más allá de toda la naturaleza, esto es, en Dios. Dios ha creado la materia con sus fuerzas. Éstas, una vez creadas, actúan ciegamente de acuerdo con las leyes de la necesidad. Producen así no sólo un todo enteramente conveniente, sino también cuerpos particulares que poseen en sumo grado la finalidad individual: organismos»⁶⁵.

Este supuesto no sólo permite, sino que obliga al científico a llevar a cabo su labor sin tener para nada en cuenta la voluntad o la acción divinas. Es esta especie de armonía preestablecida la que permite explicar –sin recurrir a teorías y conceptos vitalistas– el sorprendente fenómeno de la interdependencia de todas las células para constituir un organismo (la *Wechselwirkung*), que constituye el sustrato de todos los fenómenos vitales. De este modo, la vida es entendida por Schwann como un fenómeno emergente que no admite ningún tipo de causalidad descendente. Este emergentismo prima la autonomía celular respecto a los fenómenos de subordinación de la acción de las células a la conservación del todo, pues entiende que «el fundamento de la nutrición y del crecimiento no estriba en el organismo como conjunto, sino en las partes elementales, en las células»⁶⁶. En el *Manuscrito de Lieja*, Schwann volverá a insistir sobre esta idea:

«El todo depende de las propiedades físicas y químicas de la primera célula. El todo debe adquirir una forma característica por la misma razón por la que una veta de plomo difiere de una de plata. La prueba de que la reunión de individualidades no dominadas por una fuerza común puede tomar una forma característica y constante es proporcionada por los pólipos y otros animales compuestos. Si se pregunta la causa de la finalidad individual, yo la explico por la creación de una inteligencia infinita»⁶⁷.

La hipótesis de un *Dios fuera de la máquina* justifica, por tanto, el hecho de que los dos tipos de fenómenos exclusivos de las células, los *plásticos* y los *metabólicos* no puedan mostrar su causa a la mente del científico. De ahí que quede legitimado el uso por parte de éste de las expresiones «*fuerza plástica*»⁶⁸ y «*fuerza metabólica*»⁶⁹ en los tratados de fisiología. Si bien los fenómenos plásticos de la célula pueden ser –al menos hasta cierto punto– asimilados a los de la cristalización inorgánica, el hecho

⁶⁵ Cfr. *Manuscrito de Lieja*, citado por FLORKIN, M., *o. c.*, pp. 75–79.

⁶⁶ SCHWANN, T.: *Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachsung der Thiere und Pflanzen*, Berlín, Verlag der Sanderschen, 1839, p. 230.

⁶⁷ Citado en ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 77. Pero esta declaración de principios es a menudo transgredida por alguna de sus tesis más importantes que, si bien de forma meramente implícita, suponen una concepción holista de los organismos. Sirva como ejemplo de ello las siguientes afirmaciones del propio Schwann: «la célula, una vez formada, crece continuamente mediante su fuerza individual, pero, sin embargo, está tan dirigida por la influencia del organismo entero como requiere el plan del todo. Este es el fenómeno fundamental de todo el reino animal y vegetal». SCHWANN, T.: *M. U.*: p. 45. Citado en ALBARRACÍN, A.: *o. c.*, p. 65.

⁶⁸ Responsable de las afinidades moleculares que explican la sucesiva generación y desarrollo de la célula.

⁶⁹ La capacidad de las células para «seleccionar» qué sustancias del citoblastema «quieren» atraer, y cuáles no. Su capacidad para transformar químicamente, además, dichas sustancias. Schwann compara este proceso de transformación química con la fermentación, lo que le trajo las agrias polémicas con Liebig y Whöler a las que hemos aludido. En algunas ocasiones la compara también con el galvanismo. (*M. U.*, p. 238–9).

de que se den en ella los fenómenos metabólicos hace que estos minúsculos organismos «conserven un algo mágico, inherente al concepto de vida»⁷⁰. De este modo, la fuerza metabólica consistiría en la *capacidad* que posee la sustancia constituyente de las células para transformar químicamente las sustancias con las que está en contacto. Por otra parte, cuando Schwann describa en las *Mikroskopische Untersuchungen* ... cómo se forman las células, se verá obligado a hacer aún más concesiones al vitalismo. Así, supondrá que los procesos de citogénesis comienzan con la existencia de una sustancia amorfa⁷¹ que posee, «de acuerdo con su índole química y el grado de su vitalidad, en mayor o menor cuantía, la *capacidad* propia de dar lugar al nacimiento de células»⁷². Con todas estas consideraciones, la biología propuesta por el mecanicista Schwann se va poblando de un excesivo número de oscuras «cualidades», «capacidades» y «propiedades», que se comportan como auténticos cuerpos extraños dentro de su filosofía de la vida, supuestamente basada en una ontología de partículas de materia ordinaria y fuerzas ciegas. Para limar las asperezas vitalistas de la teoría, Schwann entiende que «la formación de células es para la naturaleza orgánica lo que para la inorgánica es la cristalización»⁷³, si bien más adelante sostiene que la sustancia germinal, a la que llama «citoblastema» (*Zellenkeimstoff*), «se puede comparar gráficamente, pero sólo gráficamente, con la lejía madre en la que se depositan los cristales»⁷⁴. No debe sorprendernos el hecho de que la teoría que la ciencia de Schwann propone para explicar la citogénesis esté plagada de contradicciones⁷⁵, pues son la consecuencia lógica de la ambigüedad de la filosofía de la vida en la que se sustenta. La constitución de la biología de Schwann se debate, por tanto, entre la fisicalización de los fenómenos biológicos

⁷⁰ M.U., p. 242.

⁷¹ Esta sustancia podía ser líquida o gelatinosa. Se trata del «citoblastema», entendido como un predecesor del moderno protoplasma.

⁷² M. U., p. 45. Las cursivas son nuestras.

⁷³ *Ibid.*

⁷⁴ SCHWANN, T.: M. U.: p. 71.

⁷⁵ La concepción emergentista de la vida de Schwann —en la que el todo se explica como la mera suma de las partes— aproxima, en principio, la formación de los organismos a la de los cristales. Al igual que la fuerza ordinaria de atracción de las moléculas produce los cristales, las moléculas pueden producir células obedeciendo las mismas leyes ciegas y necesarias (Cfr. ALBARRACIN, A., *o. c.* p. 78. El texto original procede del *Manuscrito de Lieja*). Pero esta interpretación física de los seres vivos no impide a Schwann establecer alguna diferencia esencial entre éstos y los objetos con los que tradicionalmente la historia de la biología los ha venido comparando. Dicho rasgo exclusivo de los organismos consiste en una propiedad atribuible sólo al citoblastema, y a la que Schwann denomina *imbibición* («En las sustancias embebidas, las moléculas se depositan entre las moléculas existentes, en lugar de depositarse en la superficie», *Ibid.*). Este supuesto, altamente especulativo, lleva a afirmar a Schwann que «la formación de las partes elementales de los organismos no es otra cosa que la cristalización de sustancias con capacidad de imbibición» (*Ibid.*). Tras analizar los paralelismos que la biología del siglo XIX insistió en establecer entre los cristales y los organismos con el fin de disminuir la distancia existente entre ambos ámbitos de la naturaleza, Schwann concluirá que «se debe aceptar la existencia tanto en los cristales como en las células de una fuerza en cuya virtud los cristales están en condiciones de atraer la sustancia disuelta en un líquido circundante. De ello no se deduce, sin embargo, que la fuerza de cristalización (...) y la fuerza plástica de las células sean esencialmente la misma. (...) Los fenómenos de la formación de cristales y de células son muy diferentes, incluso si dejamos al margen la fuerza metabólica de las células (...) y consideramos solamente los fenómenos plásticos». M. U., p. 242.

y el acúmulo de una serie de propiedades y de cualidades muy próximas a las de los vitalistas.

Pese a los errores de la primera teoría celular, hemos de señalar que estuvo dotada desde el principio de un enorme valor semántico, que hizo posible establecer definitivamente a qué se podía llamar célula y a qué no. Podemos concluir, por tanto, que Schwann –al igual que Schleiden y Müller– aplicó el nombre de «células» a las mismas entidades físicas a las que lo aplicamos hoy. La célula de Schwann era, por tanto, una membrana químicamente activa («viva») que encerraba un contenido homogéneo o granuloso y generalmente también un núcleo –al menos en el momento en que comienza la existencia independiente de la célula–. La citogénesis, por su parte, acontecería mediante la agregación de moléculas en una «sustancia formadora de células» que existiría dentro o en las proximidades de una célula pre-existente ⁷⁶. En los desarrollos posteriores de la teoría, los citólogos harán que el contenido celular vaya cobrando cada vez más importancia respecto a la membrana. Por lo que a la citogénesis se refiere, entre 1.840 y 1850 se mostrará que la división celular es posible, más tarde que es muy general, y, por último, que es la única manera mediante la cual pueden formarse nuevas células. Habrá que esperar a 1.857 para que se considere que la membrana no es un elemento indispensable para la definición de la célula ⁷⁷.

5. Conclusiones

Podemos interpretar la polémica establecida entre las interpretaciones holista y mecanicista de la teoría celular como un antecedente de la actual confrontación existente en el terreno de las ciencias de la vida entre organicistas y biólogos moleculares. En ella, los científicos implicados «no intercambian hallazgos, expectativas o resultados experimentales: son los compromisos

⁷⁶ Schwann cree que, a diferencia de lo que sucede en las células vegetales, la formación celular en el reino animal suele acontecer fuera de las células ya existentes.

⁷⁷ En este sentido, González Recio sostiene que la historia de la teoría celular sólo parece adecuarse a las tesis propuestas por Imre Lakatos para la interpretación del progreso científico. De este modo, la teoría celular puede ser entendida como un auténtico «programa de investigación» lakatosiano. La historia de la concepción citológica de los organismos no se dejaría explicar –cree González Recio– en base a las teorías propuestas por la epistemología de Popper y de Kuhn. Según esta interpretación, «la tesis de que los organismos animales y vegetales están formados por células (...) inició la configuración del centro firme del programa, y allí permanece desde entonces auspiciando toda una heurística negativa». La heurística positiva, por su parte, estaría «volcada hacia el desvelamiento del origen y la formación de las células». La teoría contaría, asimismo, con un auténtico cinturón protector «en el que intervenían hipótesis o presupuestos sobre las aberraciones producidas por los microscopios, las técnicas de tinción, teorías ópticas generales, etc. La «solidificación» del núcleo del programa no se iba a producir hasta que, por medio de la heurística positiva, se logró construir una versión de aquél en la que quedaban transformadas las ideas relativas a la multiplicación celular, era reconocida la significación funcional de la célula, y la arquitectura citológica se ampliaba a todos los tejidos –incluido el nervioso. Mientras tanto, las reiteradas correcciones, las falsaciones rápidas de numerosos enunciados pertenecientes a la primera versión, no dejaron de producirse: no fueron siempre –en contra de la perspectiva kuhneana– ampliaciones acumulativas; y el programa –frente a lo que Popper pretendería– no fue rechazado». GONZÁLEZ RECIO, J. L.: «Elementos dinámicos de la teoría celular», en *Revista de Filosofía*, 3ª época, vol. III, nº 4, p. 106, Editorial Complutense, Madrid, 1990.

filosóficos de unos y otros la fortaleza a defender»⁷⁸. Se trata de un debate que se remonta, en la historia del pensamiento científico y filosófico, hasta Demócrito y Aristóteles⁷⁹, y que en el siglo XIX adopta ya su versión «moderna» en la biología de Schleiden, Schwann y Müller⁸⁰. El cariz moderno del antirreduccionismo de estos autores aleja definitivamente su concepción de los seres vivos de la ofrecida por las versiones pretéritas del vitalismo, que entendían el fluido vital como una sustancia sobreañadida, esencialmente diferente a la materia ordinaria, e irreductible a ella⁸¹. En contra de lo admitido por estos supuestos, el organicismo entiende que la vida es el resultado de la peculiar disposición de la materia que constituye los seres vivos, y reconoce la existencia en ellos de cierta propiedad organizadora, que es entendida como una forma de causalidad descendente (esto es, dirigida del todo a las partes)⁸². De los autores citados en este artículo, sólo Müller hace un tratamiento explícito de su concepción holista de los seres vivos⁸³, lo que determina que su sistema resulte ser más consecuente que los propuestos por Schleiden y Schwann. En efecto, los padres de la teoría celular transgredieron los supuestos mecanicistas en los que pretendían basar su ciencia al reintroducir en ella esa misma causalidad descendente con la que pretendían acabar, esta vez burdamente oculta en su recurso a la *Bildungstrieb* y a la actuación de un «Dios fuera de la máquina», respectivamente.

Nuestra indagación nos ha permitido poner de manifiesto la importancia que ejercen los supuestos filosóficos de los científicos a la hora de elaborar o de aceptar teorías. Así, los ideales epistemológicos de Apelt y Fries determinaron en Schleiden su rechazo del vitalismo y su proyecto de llevar a cabo una explicación «mecanicista» de los fenómenos vitales. Por lo que se refiere a Schwann, fue su convencimiento de la incapacidad de los supuestos vitalistas para dar razón de los fenómenos biológicos lo que determinó su interés por las tesis del botánico. Finalmente, la impronta dejada en la mente de Müller por la concepción schellingeana de la naturaleza determinó que —el ya por entonces *Naturwissenschaftler*— abrazara con entusiasmo las tesis de su discípulo, sin renunciar

⁷⁸ GONZÁLEZ RECIO, J. L., «El tenaz espectro del vitalismo», en *o. c.*, p. 824.

⁷⁹ *Cfr. o. c.*, p. 826.

⁸⁰ En este sentido, González Recio señala que «es inevitable ver en el organicista a un moderno aristotélico», en *o. c.*, p. 835.

⁸¹ *Ibid.*

⁸² En su versión moderna, el biólogo organicista rechaza el valor de la reconstrucción mecanizada de la finalidad fisiológica. Así, «piensa que la máquina cibernética no imita sino a la regulación de tipo homeostático, y que lo sustancial en la célula —más que cómo resultan preservadas su concentración de iones, o la velocidad de sus reacciones ... —es cómo la regulación de semejantes funciones sirve para preservarla viva: una concatenación de los servomecanismos que emulasen todas las funciones celulares no sería una célula». *O. c.*, p. 838.

⁸³ En el siglo XIX destacamos a Claude Bernard, y en el XX a J. S. Haldane como figuras que trataron en profundidad su concepción organicista de la fisiología.

por ello a la filosofía de la vida en la que se formó durante su época de *Naturphilosoph*.

Podemos concluir, por tanto, que los tres fisiólogos son científicos antirreduccionistas, cuya concepción de los organismos y de la ciencia que los estudia entronca sin solución de continuidad con la de los modernos biólogos organicistas. Según nuestra interpretación, el vitalismo de Müller estaría tan alejado del espiritualismo de sus predecesores como el supuesto reduccionismo de Schleiden y de Schwann. De hecho, en este artículo hemos puesto de manifiesto que la biología propuesta por los creadores de la teoría celular no resultó ser tan fiel al programa reduccionista como ellos mismos habían anunciado, y cómo el holismo de Müller resultaba estar más próximo a los ideales epistemológicos de su discípulo de lo que éste se hubiera mostrado dispuesto a admitir.

6. Bibliografía

- ALBARRACÍN TEULÓN, A.: *La teoría celular*, Madrid, Alianza, 1983.
- APELT, E. F.: *Die Theorie der Induction*, Leipzig, 1854.
- CASSIRER, E.: *Kant, vida y doctrina*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1993.
- COLEMAN, W.: *La biología en el siglo XIX. Problemas de forma, función y transformación*. México, D. F., Fondo de Cultura Económica, 1983.
- COMTE, A.: *Cours de philosophie positive*, vol. 3, París, Société Positiviste, 1893. Reprod. Facs de la 1ª ed., París, Bechellier, 1838.
- DIDEROT, D.: *Le rêve de D'Alembert*, en *Oeuvres*, París, Gallimard, 1935.
- FLORKIN, M.: *Naissance et déviation de la théorie cellulaire dans l'œuvre de Théodore Schwann*, París, Hermann, 1960.
- GONZÁLEZ RECIO, J. L.: «Elementos dinámicos de la teoría celular», en *Revista de Filosofía*, 3ª época, vol. III, nº 4, p. 106, Editorial Complutense, Madrid, 1990.
- GONZÁLEZ RECIO, J. L.: «El tenaz espectro del vitalismo», en *Anales del seminario de metafísica*, nº extra, Madrid, ed. Complutense, 1992.
- HALL, T. S.: *Ideas of life and matter*, Chicago, The University of Chicago Press, 1969.
- JAHN, I, *et als.*: *Historia de la biología*, Barcelona, Labor, 1989.
- JOST, L.: «Matias Jacob Schleidens 'Grundzüge der wissenschaftliche Botanik' (1842)», *Sudhoffsarchiv*, 35; 3–4, 1942.
- KLEIN, M.: *À la recherche de l'unité élémentaire des organismes vivants. Histoire de la théorie cellulaire*, París, Palais de la Découverte, 1959
- LOHFF, B.: «Johannes Müller Rezeption der Zellenlehre in seinem Handbuch der Physiologie der Menschen», en *Medizinhistorisches Journal*, 13, 3–4.
- PRIGOGINE, I. Y STENGERS, I.: *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1994.
- RADL, E.: *Historia de las teorías biológicas*, Madrid, Alianza, 1988.
- SCHLEIDEN, M. J.: *Die Botanik als induktive Wissenschaft. Grundzüge der wissenschaftliche Botanik nebst einer Einleitung als Anleitung zum Studium der Pflanzen*, Leipzig, W. Engelmann, 1849–1850.
- SCHLEIDEN, M. J.: «Beiträge zur Phytogenesis», *Arch. f. Anat. Physiol. und wiss. Med.*, 137–176, 1838.

– SCHWANN, T.: *Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen*, Berlin, Verlag der Sanderschen Buchhandlung, (G. E. Reimer ed.), 1839.

* * *

Dolores Escarpa Sánchez–Garnica
Rotonda de Tarifa, 14
28512, Villar del Olmo, Madrid.
lolaescarpa@jazzfree.com