



# Estructuras y mecanismos en la fisiología

César LORENZANO



## RESUMEN

Se reconstruye la teoría fisiológica, tomando como punto de partida las experiencias inaugurales realizadas por Claude Bernard —su ejemplar paradigmático— mediante una versión modificada de la concepción estructuralista de teorías, que la caracteriza por sus ejemplares, no por sus modelos, como ocurre en la visión standard. Se mantiene la distinción estructuralista entre los elementos no teóricos y los teóricos, y se establecen las relaciones entre los distintos ejemplares de la fisiología y de éstos con otras teorías biomédicas. Posteriormente, como una consecuencia natural de la reconstrucción, se describen los *mecanismos* de la fisiología, una vía metateórica de análisis planteada por algunos filósofos especialmente interesados en las disciplinas biomédicas. Se muestra —luego de exponer esta posición— que se obtiene una mejor comprensión del conocimiento biomédico desde el análisis estructural de sus teorías, y que centrarse únicamente en la noción de *mecanismo* es innecesariamente limitante.

**PALABRAS-CLAVE:** Fisiología. Teoría fisiológica. Mecanismos. Concepción estructuralista. Reconstrucción por ejemplares. Ejemplares paradigmáticos. Nominalismo. Reconstrucción nominalista.

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo, analizaremos a la disciplina —teoría— que puede considerarse madre del conocimiento biomédico, la fisiología, cuya importancia, así como su rol cohesionador de las distintas teorías de ese campo, han sido relativamente opacados por los últimos adelantos de las ciencias biomédicas, centralmente, por los que provienen de la genética. Cabe mencionar que la fisiología alcanzó su madurez inicial en la obra de Claude Bernard alrededor de 1860, cuando demarca, junto con la teoría celular, el territorio de un nuevo campo de conocimientos, el biológico. Contrariamente a las teorías que propusieron sus contemporáneos, Mendel y Darwin, que demoraron largamente en ser “redescubiertos” o aceptados, la fisiología concitó desde sus comienzos el acuerdo de una comunidad epistémica que la toma como base para desarrollar el que todavía es uno de los programas de investigación más exitosos de la ciencia contemporánea.

Nos proponemos analizar sus ejemplares – a los que consideramos sistemas fácticos con una determinada organización y con un cierto comportamiento – para exhibir su estructura, y no la de los modelos de la teoría a los que es necesario dar interpretación empírica mediante sus aplicaciones, como es usual en el estructuralismo, por considerarlo innecesario y quizás ontológicamente problemático, al menos en teorías en la cual todos sus términos poseen interpretación empírica, como sucede con la fisiología. Lo haremos a partir de las investigaciones inaugurales de Claude Bernard (1855-1856; 1959 [1865]), de sus ejemplares paradigmáticos, en la terminología de Thomas Kuhn (1971). Al decir de Ludwik Fleck (1986), los estilos de pensamiento, las teorías científicas, sólo pueden advertirse en su debida plenitud si se estudia su génesis, antes que la estructura que los caracteriza se haya cristalizado, naturalizándose en la percepción de quienes la utilizan, así como de quienes la analizan. Aun más, sostengamos que el conocimiento a ser reconstruido se encuentra en esos orígenes o, alternativamente, en el punto en que alcanza su madurez. De hacerlo en puntos posteriores de su desarrollo, o incluso en el actual, implicaría pensar que lo anterior no era todavía la fisiología, o suponer que hay más de una teoría fisiológica, todas ellas legítimamente calificadas como tales; algo que ningún científico compartiría. En nuestra percepción, el análisis metacientífico debe mostrar tanto la estructura como la evolución de una teoría, introduciendo los elementos que surgen a lo largo de su historia como especializaciones que se derivan de la misma, como lo hace, por otra parte, desde siempre la concepción estructuralista, retomando sugerencias de Thomas Kuhn.

Esta estrategia resulta por demás adecuada si tomamos en cuenta los textos de fisiología, en los que se advierte al menos una doble dificultad. La primera radica en la ausencia de enunciados legaliformes a partir de los cuales puedan individualizarse los términos *no teóricos* más básicos de la teoría, así como los *teóricos*, que le son propios. Eso es algo habitual en el conocimiento biológico, y con lo que no tropiezan los filósofos de la física, que encuentran en los textos las leyes a partir de las cuales iniciar la reconstrucción.<sup>1</sup> El siguiente obstáculo tiene que ver – como una consecuencia de lo anterior – con que los escritos no presentan un orden derivado de los axiomas, como es costumbre en otras disciplinas. Por lo contrario, si tomamos un texto reconocido, como el *Fisiología humana* del Premio Nobel Bernardo Houssay (1945, 1963), nos encontramos con casi mil páginas de apretada escritura, vertebrada por capítulos que hablan de la actividad en sistemas y funciones del organismo – sangre, circulación, respiración, metabolismo, secreciones internas, reproducción, formación de orina, sistema nervioso –, sin que en esta clasificación se advierta una unidad de criterio.

<sup>1</sup> Lo mismo sucede con la bioquímica y con la genética clásica, como se ha mostrado en las reconstrucciones que hicieron de las mismas César Lorenzano (2002, 2007) y Pablo Lorenzano (2002).

En sus páginas, se pasa de dosajes de sustancias a mensurar cargas eléctricas, de cuadros cargados de números a diagramas. Existen cortísimos capítulos al comienzo y al final de texto, de apenas 4 o 5 páginas, en los que se supone darse una unidad a todos ellos. Sin embargo, nuestra expectativa se ve frustrada, cuando se constata que el primero habla de la fisiología celular, pero se limita mayormente a exponer sintéticamente la teoría de membranas, mientras que el último, titulado “unidad del organismo”, se centra en las diferentes etapas de la vida y sus características.

Es notorio que la sobreabundancia de elementos, así como la ausencia de leyes generales explícitas, atenta contra la posibilidad de sintetizar en estructuras básicas el conjunto del conocimiento fisiológico, esa aspiración central de la filosofía de la ciencia y, muchas veces, de los propios científicos cuando axiomatizan sus teorías. En consecuencia, y apartándonos de los textos más conocidos y recientes, presentaremos las investigaciones con las que se inicia la fisiología, y algunas de las que la continuaron, en las que basaremos nuestros análisis de su estructura teórica. Como una consecuencia natural del desarrollo metateórico, incluiremos en la reconstrucción la noción de *mecanismo*, que para algunos autores es central para la comprensión del conocimiento del área biomédica. Al hacerlo, luego de sintetizar la postura de esos autores, se mostrará que su complejidad no es captada adecuadamente por esa única noción, y que una reconstrucción de su estructura da cuenta con mayor nitidez de las relaciones entre los ejemplares de la fisiología y de éstos con otras teorías, así como de los mecanismos implicados en las diferentes teorías biomédicas.

## 1 LA FISIOLOGÍA: TEORÍA DE LA VIDA

Cuando en nuestros días tenemos, todavía, que justificar la independencia epistémica de las ciencias medicas, tendemos a olvidar que continuamos una discusión que se inicia hace más de cien años, cuando Claude Bernard funda la fisiología, y con ella el conocimiento médico moderno, en el curso de sus investigaciones acerca de la producción del azúcar en los organismos vivos. Mientras lo hace, propone una teoría que rompe con los moldes mecanicistas cartesianos de la época y defiende la especificidad del método experimental en fisiología.

Es necesario recordar que en esos tiempos se suponía, en consonancia con el pensamiento cartesiano, que la función de los órganos se deduce de su forma anatómica, y que la anatomía comparada permite llegar a conclusiones verosímiles sobre las características y el uso de cada órgano, puesto que, como la naturaleza presenta en toda clase de animales todas las combinaciones posibles de órganos, podrían observarse entonces los efectos que provoca la presencia o la ausencia de un órgano determinado.

Supuestamente, esto haría innecesaria la experimentación en los organismos vivos, lo cual, por otra parte, se piensa es una estrategia errónea de investigación, ya que su implementación altera irremediablemente la “máquina” del organismo, falseando los resultados.<sup>2</sup>

Cuando Claude Bernard rechaza estos supuestos, y postula la necesidad de hacer experiencias con seres vivos, separa tajantemente las ciencias de la vida de la anatomía y de la química, otorgándole autonomía epistémica y experimental. En sus palabras:

Ni la anatomía ni la química son suficientes para resolver una cuestión fisiológica; es sobre todo la experimentación en los animales que, permitiendo encontrar en un ser vivo el mecanismo de una función, conduce al descubrimiento de fenómenos que ella sola puede iluminar, y que ninguna otra hacía prever (Bernard *apud* Canguillem, 1968, p. 146).<sup>3</sup>

Hay una cierta circularidad en la manera en que se justifican sus afirmaciones, ya que la certeza de que se elige el camino correcto proviene de los resultados de sus experiencias, que a su vez son inseparables de una teoría fisiológica que se formula a medida que las realiza. Una profunda coherencia une al método experimental con la teoría que permite a su vez planificar las experiencias.

## 2 PRESUPUESTOS

Concluiremos esta breve referencia a la construcción histórica de la teoría fisiológica, refiriéndonos a un pequeño conjunto de presunciones y teorías presupuestadas, sin las cuales no pueden pensarse ni comprenderse esas experiencias fundacionales, ni su cristalización en una teoría independiente.

La primera de ellas es que no hay diferencias ni jerarquías entre los reinos animales y vegetales desde el punto de vista de su funcionamiento fisiológico, ni entre las diferentes especies animales. Esto facilitó captar inmediatamente el significado de la experiencia por la cual aparece glucosa en el hígado en un animal en ayunas, y las que la continuaron, desconcertantes para sus contemporáneos, puesto que no admitían que los animales sintetizaran azúcares, como lo hacen los vegetales (cf. Bernard,

<sup>2</sup> Esta era la opinión de Comte (1830-1842) en su Lección Cuarenta. Por el contrario, para Claude Bernard, la anatomía comparada era la condición de posibilidad de una fisiología general, a partir de diseños experimentales en los que se asimilan los resultados fisiológicos obtenidos en animales con la fisiología humana.

<sup>3</sup> Hacemos notar que las ciencias biológicas ya en estos tempranos escritos apelan a la noción de mecanismo.

1855-1856). Es asimismo la condición de posibilidad de los estudios *experimentales* de fisiología comparada.

La segunda es acordar en que la unidad funcional del organismo es la *célula*, y no los órganos o los tejidos. La teoría celular se constituye en una *teoría presupuesta* para la fisiología, que piensa que “los fenómenos vitales son el resultado del contacto entre las unidades orgánicas de un cuerpo con el medio fisiológico interno”, y “el punto fundamental de toda la medicina experimental” (Bernard, 1959 [1865], p. 107). Son las células las que viven del medio interno, y las que actúan en su equilibrio; en realidad, cuando un fisiólogo se refiere a que un cierto órgano, el hígado, por ejemplo, regula los niveles de glucosa en la sangre, lo que dice es que en las *células* del hígado se produce el azúcar, y son en ellas donde actúan los distintos factores que las llevan a aumentar o disminuir su producción. Este presupuesto tiene una gran importancia, pues lleva más adelante a buscar las células que realizan determinada función, como sucede en el curso de las investigaciones sobre los hidratos de carbono, que encuentran en las células de Langerhans del páncreas las que se especializan en producir insulina. Con el tiempo, el supuesto de la relación entre células y funciones conduce a la revolución conceptual que continúa la labor de la fisiología con otras herramientas teóricas, y que consiste en buscar las *reacciones bioquímicas* por medio de las cuales las células cumplen su función específica. Cuando esto sucede, la teoría bioquímica es la que continúa, desde otra perspectiva, los caminos que mostró la fisiología. Y posteriormente, como sabemos, lo hace en conjunción con la biología molecular y la genética.

La tercera consiste en predicar un *determinismo* para los organismos vivos. Esto se traduce en la posibilidad de encontrar leyes generales para sus múltiples, infinitos funcionamientos y, por lo tanto, en sentar las condiciones de su científicidad.

### 3 EL NACIMIENTO DE LA FISIOLOGÍA

Las investigaciones de Claude Bernard se inscriben en el desciframiento de una antigua dolencia, la diabetes, caracterizada en la Antigüedad por Arataeus como aquella en la cual la carne y los miembros se derretían en la orina, la que poseía un dulzor que Dobson, en el siglo XVIII, demuestra que se debe a la presencia de azúcar. Cuando Claude Bernard las inicia, se piensa habitualmente que el azúcar existente en los organismos animales proviene de la absorción directa de los alimentos, ya que sólo los vegetales la producen, y que la diabetes es únicamente un producto de su ingesta *inmoderada*. En el curso de sus investigaciones acerca del camino que sigue el azúcar en el organismo, constata luego de dar a un perro una sopa de leche azucarada, y sacrificarlo a continuación, que el azúcar se encuentra en el hígado y en la sangre de las venas (*suprahepáticas*)

que salen de él. Concluye, entonces, que la ruta seguida es desde el intestino al hígado, como una consecuencia natural de la ingesta. Grande fue su sorpresa cuando, al repetir la experiencia en un animal al que alimenta sólo con carne, encuentra nuevamente azúcar en el hígado y en la sangre. Comienza entonces a investigar su presencia en cualquier condición de alimentación, incluyendo el ayuno.<sup>4</sup>

Como forma de control, lo hace realizando dos mediciones del contenido de azúcar del hígado recién extraído a un animal de experimentación. En una ocasión, apremiado por el tiempo, deja una de ellas sin hacer, posponiéndola para el día siguiente. Contrariamente a lo esperado, el control tardío revela una cantidad de azúcar mayor que la obtenida el día anterior. En una experiencia posterior, lava las venas que salen del hígado eliminando de ellas toda la glucosa que pudieran contener, para constatar que al día siguiente había reaparecido. Contra todas las previsiones, las experiencias muestran que el hígado se carga de azúcar después de la muerte, y la vierte a la sangre.

La única interpretación posible de estos hechos es que el azúcar se produce en el hígado, para de allí pasar a la sangre, desde donde se distribuye al resto del organismo para ser consumida como energía y calor. Al profundizar el estudio, encuentra que se produce a partir de una sustancia similar al almidón. La llamó *material glicógeno* (en la terminología posterior *glucógeno*) formador de glucosa. Estos hechos, que comprueban que en los animales el azúcar se forma mediante un mecanismo igual al de los vegetales, refutan la teoría anterior según la cual éstos son los únicos capaces de formar glucosa.

Las experiencias de Claude Bernard muestran que el hígado es el gran regulador del azúcar en la sangre, puesto que si se lo extirpa es imposible que el animal pueda mantenerla en niveles constantes, y sus niveles bajan progresivamente produciendo la hipoglucemia, hasta concluir con la muerte; en estas condiciones, tampoco es posible aumentarla por ningún medio, incluso aunque al animal de experimentación se le haya provocado previamente una diabetes. Cuando demuestra que, si se punciona el piso del cuarto ventrículo, los animales de experimentación pasan a ser diabéticos, encuentra en el sistema nervioso uno de los factores que inciden sobre el hígado para que éste regule los niveles de azúcar.

Podemos leer hoy estas investigaciones como el inicio de una auténtica revolución científica, en la que se funda la fisiología moderna y, por ende, la medicina que conocemos. Como acostumbra a suceder en historia de la ciencia, las teorías científicas

<sup>4</sup> Sin duda fue influido en el tipo de experimento por un hallazgo anterior por el cual demuestra que conejos (vegetarianos) en ayunas pasan a tener la orina de un animal carnívoro, por alimentarse de su propia carne. Estas experiencias lo condujeron además a descubrir la función digestiva del páncreas (cf. Bernard, 1959 [1865], p. 190-3). Las experiencias sobre el azúcar, y la función formadora de azúcar del hígado se encuentran en Bernard, 1959 [1865], p. 201-10.

cas se forjan en el curso de investigaciones específicas que construyen lo que es visto retrospectivamente como su primer ejemplo, su *ejemplar paradigmático* en terminología kuhniana. En el caso de la fisiología, pareciera claro que éste es su modelo fundamental, aquél cuyos patrones sigue toda la investigación fisiológica posterior, y el que fuerza a formular, para comprender el fenómeno, un conjunto de términos nuevos, que son entonces los términos teóricos propios de la teoría fisiológica que nace, y que se encuentran, por otra parte, implícitos en la secuencia de experimentos.

Adelantaremos la hipótesis metacientífica de que el entramado conceptual de la fisiología, tanto en lo que hace a sus términos, como a las relaciones que guardan entre sí — que es en síntesis, aquello que solemos llamar teoría —, es necesario dados los resultados de los experimentos, y las interpretaciones que hace Claude Bernard de ellos.

Más adelante, cuando caractericemos a los *ejemplares teóricos* de la fisiología, presentaremos esos términos que les son específicos y que definen a la fisiología como tal. En su siguiente etapa, las investigaciones fisiológicas que continúan a Claude Bernard, hacen intervenir a un actor esencial del metabolismo de los hidratos de carbono, el páncreas, como el primero de una larga serie de factores de origen glandular.

En ellas, se muestra con la mayor nitidez una casi constante de la investigación fisiológica, a saber, su permanente ligazón con el estudio de las enfermedades, de tal manera que su conocimiento implica simultáneamente el del funcionamiento normal. El método que propone Claude Bernard consiste básicamente en eliminar un órgano y observar qué efecto produce. En el caso del páncreas, su extirpación produce diabetes; lo que pone de manifiesto la función normal de este órgano. El método se continúa, corroborando en principio esta hipótesis, si se normaliza la glucemia al restituir el órgano mismo, o la sustancia que segregaba responsable de la función, la insulina; finalmente, se completa la investigación provocando una hiperfunción, en el caso del páncreas, inyectando un exceso de insulina, que causa, como es sabido, hipoglucemia, una enfermedad distinta y opuesta a la diabetes. Se sabe la función normal de un órgano, si se conoce la enfermedad que produce tanto su disminución como su aumento.

#### 4 LA ESTRUCTURA DE LA FISIOLOGÍA

Habíamos mencionado que caracterizaríamos la teoría fisiológica mediante una versión modificada de la concepción estructuralista que consiste, fundamentalmente, en analizar sus ejemplares y no sus modelos, entendiendo por *ejemplar* un sistema físico descripto mediante términos con interpretación fáctica. Nuestra reconstrucción será informal, sin recurrir al aparato lógico y matemático habitual, a fin de que sea mejor comprendida por quienes no están familiarizados con estos lenguajes. En esta ver-

sión, conservamos la distinción estructuralista entre elementos *no teóricos*, o sea, aquellos que no son específicos de la teoría en cuestión y que provienen habitualmente de una teoría previa *presupuesta*, y elementos *teóricos*, como los que son propios de la teoría, y que sólo pueden determinarse si el sistema se comporta tal como lo prevé la ley o las leyes fundamentales de la teoría — en la terminología estructuralista, en una aplicación exitosa de la teoría.<sup>5</sup>

Seguiremos asimismo la estrategia estructuralista de caracterizar sucesivamente tres tipos de ejemplares:

- (1) *ejemplares no teóricos* ( $E_{nt}$ ),  
caracterizados por los elementos no teóricos;
- (2) *ejemplares teóricos* ( $E_t$ ),  
que resultan de añadir a los anteriores los elementos teóricos;
- (3) *ejemplares actuales* ( $E_a$ ),  
que cumplen la ley o leyes fundamentales de la teoría,<sup>6</sup>

de modo que podamos expresar que la teoría fisiológica se identifica mediante estas tres instancias de ejemplares, que comienza por el más inmediato a la experiencia (no teórico), al que posteriormente se enriquece con términos teóricos; finalmente, se constata si esa atribución teórica es acertada, cuando cumple la ley fundamental de la fisiología.

Los motivos para proceder de esta manera, evitando el recurrir a modelos en la caracterización de la teoría, radican principalmente en la necesidad de obviar algunas consecuencias indeseadas de la teoría de modelos, entre ellas la que los axiomas de los modelos físicos — acerca de los cuales trata cualquier teoría fáctica — caracterizan además a modelos puramente matemáticos e incluso modelos fantásticos, de los que sería legítimo preguntarse por cómo funciona el hígado del número ocho, o el páncreas de los dragones, que naturalmente no son el objetivo de la fisiología. Un inconveniente

<sup>5</sup> Me refiero a la concepción estructuralista de Sneed (1971), Balzer, Moulines, Sneed (1987), Stegmüller (1976, 1979). Como sabemos, esta distinción entre elementos no teóricos y teóricos sustituye la distinción de la concepción heredada entre términos teóricos y términos observacionales. Mientras que la primera es pertinente dentro de cada teoría y es de índole funcional, esto es, un elemento puede ser teórico en una teoría y no teórico en otra. La segunda es epistémica y general — algo se observa o no, en cualquier teoría — superándose así los consabidos problemas de la observabilidad.

<sup>6</sup> Estas denominaciones son funcionalmente equivalentes a las de modelos parciales (Mpp), modelos potenciales (Mp) y modelos (M) de la concepción estructuralista; como sucede en nuestra versión, los primeros se caracterizan por sus funciones no teóricas, los segundos por añadir a éstos funciones teóricas, finalmente, modelos son aquellos modelos potenciales que, además de los axiomas estructurales que definen a sus elementos, cumplen la o las leyes propias de la teoría.

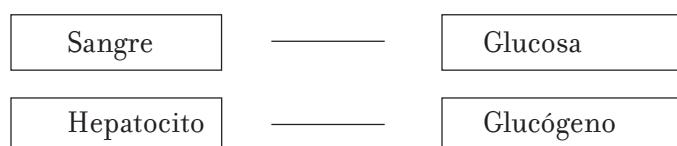
que se elude manteniendo la plena identificación empírica de todos sus elementos, y denominándolos *ejemplares*, y no modelos, a fin de evitar toda confusión. Se simplifica además la reconstrucción, al eliminarse la necesidad de otorgar interpretación a los modelos matemáticos (o de señalar por esta vía a los modelos que interesa a la teoría) mediante las *aplicaciones*, sistemas físicos caracterizados por los elementos no teóricos, y con ello las dificultades que entrañan las relaciones entre objetos abstractos y sistemas físicos, como sucede en cualquier relación entre objetos ontológicamente disímiles.

#### 4.1 LOS EJEMPLARES NO TEÓRICOS

Puntualicemos que los elementos no teóricos de la teoría son aquellos que no requieren de la fisiología para conocerlos. Sintetizando nuestra descripción de la experiencia paradigmática de Claude Bernard, vemos que se trata de los siguientes elementos:

1. glucosa
2. sangre y líquidos intersticiales
3. glucógeno
4. células hepáticas

Tenemos algunas relaciones básicas entre ellos: la glucosa se encuentra en la sangre, el glucógeno en las células hepáticas, los hepatocitos. Todas, como vemos, relaciones y objetos para cuya identificación no necesitamos la fisiología, aunque el glucógeno – al que él llamó sustancia glicogénica – haya sido descubierto como consecuencia de su investigación. En diagrama:



#### 4.2 LOS EJEMPLARES TEÓRICOS

Los ejemplares teóricos resultan de añadir a los ejemplares no teóricos los elementos teóricos de la teoría. En la narración de la experiencia en la que Claude Bernard muestra que la glucosa es generada por el hígado a partir de un hidrato de carbono complejo — el glucógeno — aparecen, al cabo de la misma, unos términos que no tienen antecedentes en teorías anteriores.

El primero de ellos es el de *secreción interna*. Aunque no es acuñado por primera vez por Claude Bernard, éste lo toma para insertarlo en su concepción global del funcionamiento de los seres vivos. Se refiere con él al hecho de que el hígado vuelca el azúcar a la sangre (y su extensión natural, a todo fenómeno por el cual los distintos órganos vierten sus productos en la sangre), distinguiéndola de la *secreción externa*, como la de los jugos pancreáticos, cuyo efecto en la digestión había estudiado anteriormente.

Como veremos, es solidario de otro término teórico de la fisiología, el de *medio interno*, por el cual Claude Bernard designa al ambiente líquido en el que viven las células del organismo, y en el que tienen lugar todos sus intercambios vitales. La manera que encuentra para hacer inteligible este concepto es comentar que mientras los microorganismos unicelulares viven en contacto con un medio externo, en los organismos complejos sus células viven en un medio interno, cuya composición es constante, lo que permite una vida libre e independiente de las condiciones ambientales. Por supuesto, este medio interno es en primer lugar la sangre, como lo sugiere la experiencia del azúcar fabricado por el hígado.

El tercer término teórico, de *homeostasis*, acuñado posteriormente por Cannon (1929) pero presente ya en Bernard, señala que la composición del medio interno es constante, en un equilibrio dinámico que se mantiene pese a los continuos cambios en el intercambio con el exterior. Conduce directamente a él, el hecho de que son constantes los valores de azúcar, apesar de las variaciones en la alimentación.

Este concepto es complejo y exhibe una de las características más notables de la teoría fisiológica, que la hace sustancialmente distinta a las concepciones mecanicistas de la época, por las cuales los órganos son independientes unos de otros, y poseen una función propia, que surge, habitualmente, de su forma específica y que es asimismo independiente: el estómago digiere, el corazón impulsa la sangre etc. La noción de *medio interno* y su *homeostasis* unifica órganos y función, permitiendo visualizarlas (e investigarlas) como aquello que contribuye fisiológicamente a la gran finalidad de la vida, que coincide con su mantenimiento, como una consecuencia de la constancia de su medio interno. Esta teoría funcional y dinámica, en la cual ciertas constantes se encuentran en equilibrio por la regulación que hacen en ellas múltiples factores, se constituye en un *modelo* (en el sentido de ejemplar) de teoría, que afirma, como lo quería

Claude Bernard, la independencia epistémica de la medicina. No se trata de una sola constante, ni pocos factores, como sucede en las teorías físicas, sino de muchas constantes, en permanente investigación y hallazgo, y de una cantidad indefinida de factores, que también deben hallarse e investigarse. Los interrogantes propios de esta teoría consisten en preguntarse cuáles serán unas y otros, aunque al responderlos se empleen herramientas provenientes de la química o de la física.

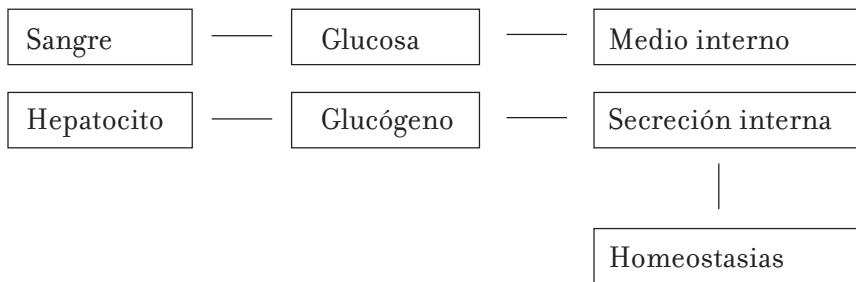
Advertimos que en la propuesta teórica de la fisiología, en sus términos teóricos, se pone de manifiesto la huella de los hallazgos experimentales, de tal manera que, una vez formulados (*inventados*), se los percibe como su continuación necesaria, una ampliación ineludible. Una quasi necesidad que resultará más nítida si ponemos en paralelo términos teóricos y las instancias de la situación experimental:

Términos teóricos	Situación experimental
<i>Secreción interna</i>	El hígado vierte el azúcar que produce en la sangre
<i>Medio interno</i>	Sangre y fluidos tisulares
<i>Homeostasis</i>	Los valores de azúcar en la sangre son constantes, regulados por el hígado

La *teorización* realizada sobre la experiencia “empírica”, que culmina, como veremos cuando analicemos los ejemplares actuales de la fisiología, en un enunciado teórico, hace que no sean únicamente el hígado, ni la sangre, ni el azúcar aquello de lo que habla la fisiología, pues permite interpretar los hallazgos experimentales que narraremos de tal manera que su significado fisiológico adquiere una transparencia plena, transformándolos de hechos aislados en un conjunto coherente de sucesos. Vemos a su luz que la producción de glucosa por parte del hígado, cuando compensa el exceso o el déficit en la ingesta de azúcares, y mantiene constante sus valores en la sangre, lo hace como un caso del funcionamiento general del organismo, una vez introducidos sus términos teóricos y sus mutuas relaciones.

No se trata de apelar a ningún tipo de inductivismo, sino a un auténtico proceso creativo que propone a los nuevos elementos (*teóricos*), asentado en la necesidad de hacer que los mecanismos que describen la experiencia puedan ser generalizados (*trasladados*) a toda otra situación fisiológica. Una función heurística que es característica de los términos teóricos, como hace años lo mostro Hempel (1958). Quizás pudieramos llamar *abductivo* a este procedimiento, que transfigura una experiencia local y específica en algo general – en una teoría, en suma.

Veamos el esquema que muestra la estructura de los ejemplares teóricos:



En los ejemplares teóricos, a las relaciones no teóricas entre sangre y glucosa y hepatocito y glucógeno, se le añaden los elementos teóricos de *secreción interna*, con la producción de glucosa, volcada a la sangre por el hepatocito a partir del glucógeno; de *medio interno* donde está presente la glucosa; y de equilibrio *homeostático* gracias a esa secreción interna. Si quisiéramos un esquema más general que sirviera para caracterizar a los demás ejemplares teóricos de la fisiología, reemplazaríamos los términos de los ejemplares no teóricos por otros que designen a otras células y otras secreciones internas.

#### 4.3 LOS EJEMPLARES ACTUALES

Un ejemplar actual de la teoría es aquel que se comporta tal como lo predice su ley fundamental, un enunciado que relaciona entre sí a todos los elementos de la teoría, tanto los no teóricos como los teóricos, y que en sus términos más generales expresa lo siguiente:

Las células de los distintos órganos regulan la cantidad y composición de sus secreciones al medio interno, de tal manera que mantienen constantes (homeostasis) los valores de sus componentes principales.<sup>7</sup>

Este enunciado resulta de simplificar, ampliar teóricamente y generalizar el enunciado legaliforme que corresponde al ejemplar paradigmático de Claude Bernard:

Los hepatocitos (células hepáticas) que contienen glucógeno, lo transforman en glucosa y lo vierten a la sangre de tal manera que los niveles de ésta se mantienen dentro de niveles constantes.

<sup>7</sup> En la terminología estructuralista, puede ser visto como la *ley general* de la fisiología, mientras que el enunciado que caracteriza a la experiencia paradigmática, como una *ley especial*. En esta reconstrucción no las presentamos de esta manera, para enfatizar que la primera se deriva de la segunda, y no sigue el habitual esquema arboriforme, en el cual se privilegia lo general, siendo lo específico una derivación suya.

Al ser expresado de una manera que elimina sus particularidades, reemplazadas por términos generales, entre los cuales incluimos a los teóricos, podemos pensar que nos encontramos ante un “principio guía”. Sin embargo, difiere de lo que habitualmente se entiende por tal, ya que no se encuentra “vacío empíricamente”, como sucede con éste. Pese al proceso de simplificación y generalización, conserva toda la carga semántica de su procedencia, refiriendo directamente a los ejemplares de la teoría, por lo que no es necesaria alguna maniobra adicional para que la posea.

Es necesario aclarar, sin introducirlo formalmente en el enunciado general, a fin de no hacerlo más complejo, que el equilibrio homeostático se logra a la manera del equilibrio en una balanza de brazos: si baja uno de los factores – por ejemplo, la glucosa en la sangre – aumenta su secreción por el hígado, y el equilibrio del fiel se mantiene. Con una salvedad: los valores de equilibrio no son únicos; como sucede con la aguja del fiel, oscila entre valores admisibles, dependiendo del organismo y del momento, sin quedar fijos nunca, al contrario de la aguja, que finalmente deja de oscilar.

Si bien es correcto afirmar, como lo hacen Bechtel & Abrahamsen (2005a), que la investigación biológica se realiza sin necesidad de leyes – de hecho no se las encuentra en los escritos científicos – cuando se propone ese enunciado general, se lo hace en el supuesto de que algo similar es lo que tienen “in mente” (*tácito*) los biólogos cuando investigan, y que si no poseyeran esta estructura de pensamiento, la investigación sería inexplicable. Las leyes se encuentran implícitas en los ejemplares de la fisiología, en su estructura, y es función de la filosofía de la ciencia el desvelarla a partir de lo dado, de los escritos científicos. Como procede, por otra parte, la ciencia misma.

No de balde el enunciado en cuestión caracteriza una estructura, la de los ejemplares actuales propuesta en la reconstrucción, que a su vez sintetiza la de los diferentes ejemplares fisiológicos conocidos y por conocer. Estructuras con las que se familiarizan los científicos durante su entrenamiento profesional, interiorizándolas cuando realizan sus prácticas, sean de laboratorio o de lápiz y papel.

Esta última afirmación nos permite introducir un principio metodológico general que rige a la investigación biológica y que consiste en afirmar que los distintos ejemplares de una teoría están cruzados por una red de semejanzas estructurales y, por ende, semejantes a los ejemplares actuales postulados por la reconstrucción, que guían las investigaciones en una suerte de nominalismo wittgensteniano de semejanzas.<sup>8</sup> Es necesario insistir en que no se trata de una simple identificación de ejemplares cuando se percibe en ellos una semejanza con un único ejemplar paradigmático – un rol que al avanzar la investigación fisiológica lo cumple cada uno de los demás ejem-

<sup>8</sup> Esta es, como es obvio, una adaptación a la reconstrucción de una teoría por sus ejemplares de la estrategia wittgensteniana, que adopta la concepción estructuralista como guía para las investigaciones en una teoría.

plares que se agregan a los ya conocidos –, puesto que se trata de semejanzas entre estructuras, entre las que se percibe un homomorfismo que hace que quienes las portan sean sistemas miembros de la misma teoría.

No es ésta la única experiencia que realiza Claude Bernard, o la comunidad científica que sigue sus pasos. En cada una de ellas, se investigan diversos aspectos del funcionamiento de los organismos vivos, formando un entramado de ejemplares que se asemejan en su estructura, sintetizada en el enunciado legaliforme general, pero que difieren entre sí lo suficiente como para que no se pueda hablar estrictamente de un único ejemplar paradigmático. En la medida en que se desarrolla la fisiología, las estructuras de los nuevos ejemplares funcionan, todas ellas, como guías para las investigaciones subsiguientes.

El siguiente e importante paso en la investigación de la diabetes demoró largos años, y, en él, participaron distintos actores. En 1889, Oscar Minkowsky y Joseph von Mering determinan que sin el páncreas el organismo no puede regular el nivel de glucosa en la sangre (los perros sin páncreas desarrollan diabetes); Eduard Laguesse, en 1893, sugiere que son las células descubiertas en el páncreas por Langerhans las que segregan lo que Jean de Meyer denominó insulina, una sustancia que recién en 1921 fue aislada por Sir Frederick Grant Banting, asistido por el estudiante de química Charles Best, en la cátedra de fisiología de la Universidad de Toronto del Prof. John MacLeod. A consecuencia de este hallazgo, Banting y MacLeod reciben en 1923 el premio Nobel, con la protesta de Banting aduciendo que también Best era acreedor del mismo y, de hecho, reparte con él su parte del premio.

Esta investigación ejemplar, que muestra el carácter social, comunitario, e intergeneracional de la investigación fisiológica, indica también la pertinencia del enunciado más general de la teoría fisiológica, que marcó los sitios de la investigación, luego de la cual, queda establecido el enunciado particular que le corresponde, a saber, las células de Langerhans segregan insulina al medio interno y contribuyen decisivamente al mantenimiento del nivel de glucosa en sangre.

#### 4.4 LA TEORÍA FISIOLÓGICA

Para la concepción estructuralista, una teoría, T, está caracterizada por un conjunto de modelos matemáticos parciales ( $M_{pp}$ ), potenciales ( $M_p$ ) e actuales ( $M$ ) que integran un núcleo teórico K, el que posee interpretación empírica mediante unas aplicaciones I, tal que:

$$K = (M_{pp}, M_p, M), \text{ siendo entonces:}$$

$$T = (K, I)$$

La concepción estructuralista introduce otros dos elementos en el núcleo K. Se trata de unas *condiciones de ligadura* C entre los distintos modelos teóricos de la teoría (lo que hace de los modelos un todo interconectado), y unas *relaciones interteóricas* L entre los modelos de la teoría y teorías próximas, que hacen de todas ellas un holón restringido localmente, un holón parcial.<sup>9</sup>

Dado que en nuestra reconstrucción prescindimos de los modelos matemáticos, así como de las aplicaciones tal como se las caracteriza usualmente, y nos limitamos a reconstruir ejemplares, para nosotros la teoría fisiológica se caracteriza como sigue:

$$T = (E_{nt}, E_t, E_a),$$

siendo *Ent*, ejemplares no teóricos; *Et*, ejemplares teóricos, y finalmente, *Ea*, ejemplos actuales.

No son ejemplares aislados, sino ejemplares que el científico identifica sucesivamente cuando investiga. Primero conoce un ejemplar no teórico, del que quiere saber si será un ejemplar de la fisiología; luego, le añade (hipotéticamente) los elementos teóricos, transformándolo en un ejemplar teórico, y finalmente constata si satisface el enunciado legaliforme de la teoría; si es así, el ejemplar no teórico ha devenido, efectivamente, en un ejemplar *actual* de la fisiología.

En vez de seguir con fidelidad la caracterización estructuralista del núcleo K, e introducir, en este momento, las condiciones de ligadura C y los vínculos L, lo haremos posteriormente, ya que pensamos que ameritan ser desarrolladas con independencia, y bajo otros parámetros, para que muestren un aspecto diferente, un aspecto epistémico que se encuentra en franco avance: el de los *mecanismos*, considerados por algunos filósofos como los elementos metateóricos que mejor reflejan al conocimiento biológico.

No vamos a abundar en su consideración, pero veremos que se trata de ligaduras y vínculos *sui generis*, que difieren ligeramente de los habituales en el estructuralismo. Ellos comienzan a tener visibilidad cuando consideremos el carácter encadenado e interrelacionado de los sistemas fisiológicos, su carácter de *mecanismo*.

<sup>9</sup> Mientras que algunas concepciones sostienen, tal como la concepción holista del conocimiento que el conocimiento científico, e incluso la totalidad del conocimiento, forman un todo interrelacionado, el estructuralismo muestra que no es así, pero que hay regiones de conocimiento (teorías) relacionadas, configurando un *holismo parcial*, al que desde nuestras reconstrucciones mostramos que abarcan a las diferentes teorías biomédicas.

## 5 LOS MECANISMOS DE LA FISIOLOGÍA

Es preferible que comencemos nuestra caracterización de los mecanismos de la fisiología presentándola mediante una analogía que ilustre el punto de vista del que partimos. No es demasiado original si decimos que se comporta como los relojes, un mecanismo que existía en los tiempos de Descartes, y que pudo tomar en cuenta cuando caracteriza su noción de mecanismo biológico, que difería del de los artefactos fabricados por el hombre, en que en estos últimos sus elementos son perceptibles, mientras que en los de la naturaleza habitualmente no lo son.<sup>10</sup> Aunque Claude Bernard, como vimos, inaugura la fisiología como disciplina independiente rompiendo con el programa fisiológico cartesiano, quizás la manera más adecuada de caracterizar la concepción fisiológica y biomédica en general, ya que comprende asimismo a la bioquímica, la biología molecular y la genética, es como una estructura mecánica compleja y poliarticulada, que sigue los lineamientos teóricos básicos que explicitamos anteriormente.

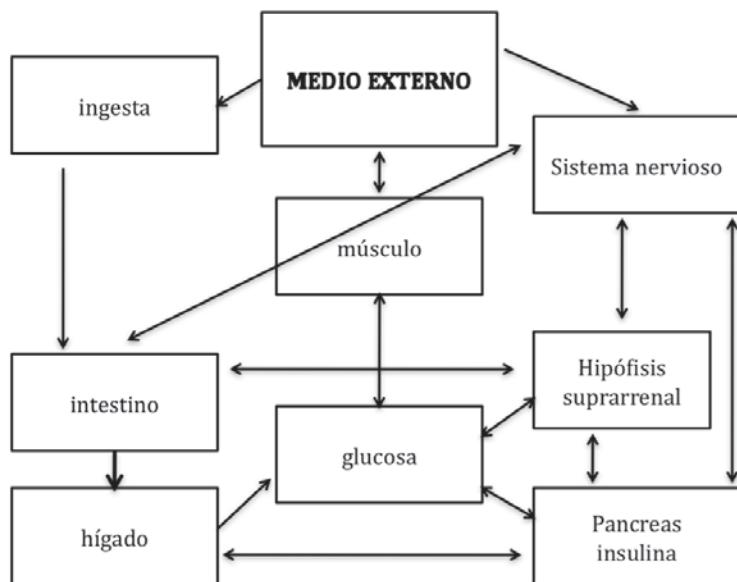
Nuestra analogía propone que las ruedas dentadas del reloj tengan su equivalente en los distintos sistemas físicos, engarzados unos con otros, de tal modo que el funcionamiento de uno implique el funcionamiento de las demás.

Veamos un diagrama, sumamente esquemático, por otra parte, de los mecanismos por los cuales se mantiene la constancia de los valores de la glucosa en el medio interno, los cuales, para fines prácticos, se mide en la sangre, ya que son los mismos en los fluidos intersticiales y en los glóbulos rojos.

Nuestro diagrama muestra pocos elementos, sintetizando con ellos la mucho más compleja trama de las múltiples relaciones que hacen a los equilibrios que intervienen en el tránsito de la glucosa por el organismo, a la manera de los mapas que simplifican los trayectos para mejorar su comprensión:

- 1 la ingesta de alimentos deriva en su absorción por el intestino delgado, y de allí al hígado;
- 2 en el hígado, los distintos hidratos de carbono, así como las proteínas y las grasas, son transformados y almacenados como glucógeno, que se desdobra en glucosa cuando los niveles de ésta bajan en sangre;

<sup>10</sup> “No reconozco ninguna diferencia entre artefactos y cuerpos naturales, excepto que las operaciones de los artefactos son en su mayor parte efectuadas por mecanismos que son percibidos fácilmente por los sentidos, como ciertamente debe ser el caso si ellos son susceptibles de ser manufacturados por seres humanos. Los efectos producidos por la naturaleza, por lo contrario, casi siempre dependen de estructuras tan diminutas que eluden por completo a nuestros sentidos” (Descartes, 1644, Parte iv, § 203).



3 la insulina, producida por las células de Langerhans del páncreas, regula el nivel de la glucosa a través de su producción en el hígado (aumenta en la diabetes, cuando disminuye la insulina);

4 la hipófisis interviene en la absorción en el intestino delgado, y en la producción de glucosa en el hígado (en un sentido inverso al de la diabetes);

5 La médula suprarrenal aumenta la producción de glucosa en el hígado cuando libera adrenalina; la corteza suprarrenal interviene en la absorción en el intestino, disminuyéndola cuando disminuye su actividad;

6 El sistema nervioso central – Claude Bernard produjo diabetes transitoria punzando el piso del cuarto ventrículo de conejos – interviene a través de los sistemas simpático y vago originando hiperglucemia con el primero, hipoglucemia con el segundo;

7 el sistema muscular transforma la glucosa en glucógeno, que consume bruscamente como glucosa en las contracciones, reponiéndolo bajo el control del páncreas, la hipófisis y la suprarrenal.<sup>11</sup>

Como lo expresa la teoría, las células que componen los órganos y tejidos interactúan y se relacionan entre sí en el *medio interno*. Cada uno de los subsistemas que presentamos precedentemente está conectado a otro u otros subsistemas por medio

<sup>11</sup> Estos pasos, y el diagrama que se deriva de ellos, sintetizan el apartado sobre el metabolismo de los hidratos de carbono escrito por Virgilio Foglia y Héctor Carminatti, en el texto clásico de fisiología de Bernardo Houssay (1963).

de elementos comunes, los engranajes de las ruedas dentadas. Así, el sistema intestino-hígado está conectado con el sistema hígado-glucemia, y este último, con el sistema páncreas-hígado, que a su vez está conectado con el sistema hipófisis-suprarrenal-páncreas, que a su vez conecta con el sistema hipófisis-suprarrenal-intestino, y así de seguido, formando un mecanismo integrado que funciona para regular el nivel de la glucosa, su homeostasis. Lo que en ocasiones no es suficientemente claro es que cada uno de estos sistemas se regula asimismo alrededor de valores constantes de glucógeno en hígado y músculos, de insulina, de adrenalina, de noradrenalina etc. Cambiamos ahora de imagen y retornamos a la de la balanza, más adecuada que la del reloj para visualizar la regulación del metabolismo de los hidratos de carbono, ahora visto como un complejo mecanismo de balancines en los que cada alteración de un valor es compensado por la alteración de uno o más valores en los elementos de otro sistema con el que está conectado, resultando al final, la constancia de los valores de la glucosa en la sangre.

Si quisiéramos, podríamos descomponer cada uno de estos sistemas en subsistemas bioquímicos, moleculares, genéticos, cuyo funcionamiento conduce, como hemos visto, al mantenimiento de las constantes vitales del organismo, reconstruyéndose y manteniéndose, a su vez, con nuevos equilibrios. Una consecuencia natural de que la teoría fisiológica incorpora (se basa en, se relaciona con) la teoría celular, desde su mismo comienzo, y desde allí, con las teorías biomédicas más actuales.

En realidad, eso es lo que hace la investigación biológica: llena todos los huecos, descubriendo cada uno de los sistemas y subsistemas (*mecanismos*) que presuntamente existen entre los que ya se conocen.

Es hora que hagamos intervenir un factor que permaneció implícito en nuestro esquema: el medio externo. Si el organismo como un todo no interactuara con él, los niveles de glucosa permanecerían estables. Es la acción del hombre en su medio, y el consiguiente gasto muscular, el que baja el nivel de glucógeno en los músculos, y hace que la glucosa sanguínea baje para reponerlo, y a su vez que el hígado la produzca y la vuelque a la sangre para compensar esa pérdida. Para restaurarla, el organismo biológico debe alimentarse, el alimento es absorbido por el intestino, y pone en marcha el ciclo anteriormente descripto. Asimismo, toda esta interacción está impregnada de y causada por voliciones, afectos, sensaciones, que hacen que el sistema nervioso central también intervenga en el aumento o la disminución de los niveles de glucosa, como comenzó a verlo Claude Bernard, cuando observa que la punción del piso del cuarto ventrículo de un conejo aumenta su glucemia. Medio externo, acción, alimentación, factores psicológicos, por los que el organismo deja de verse como un sistema cerrado, autosostenido, para devenir un organismo en su medio natural y social, interactuando con él, formándose con él.

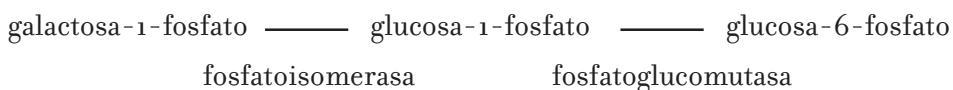
## 6 MECANISMOS Y ESTRUCTURAS

La demora en la que incurrimos para presentar las nociones de *condiciones de ligadura* y *vínculos* se transparenta, una vez analizados los mecanismos de la fisiología. Ahora resulta evidente que aquello que desde el estructuralismo acostumbra llamarse *condiciones de ligadura*, puede ser visto, en la terminología de *mecanismo* que utilizamos anteriormente, como las relaciones entre los distintos sistemas de la fisiología hígado-glucosa, intestino-hígado etc, y los *vínculos*, como las relaciones que los continúan hacia los sistemas de la teoría celular, la bioquímica, la biología molecular, la genética, la teoría de membranas etc. Mecanismos que ponen en marcha otros mecanismos, que a su vez actúan con los primeros, a los efectos de mantener constantes sus parámetros en una homeostasis ampliada, que lleva, finalmente, a la constancia y reproducción de la vida.

Como se observa, no tuvimos necesidad de salir de la concepción estructuralista modificada, que adoptamos como herramienta de análisis para comprender y hacer nítidos los *mecanismos*, muy amplios, de la fisiología, los cuales en este caso particular, le pertenecen con toda justicia, desde el momento en que todos ellos siguen los parámetros de su enunciado legaliforme fundamental, ese que habla de medio interno, células, secreción interna y de elementos cuyos valores se mantienen constantes, en un equilibrio homeostático permanente entre ellos.

Presentaremos a continuación un par de los eslabones del mecanismo que va desde la glucosa al glucógeno investigados desde la bioquímica por el premio Nobel Luis Federico Leloir – los caminos metabólicos de Leloir, como suele presentárselo en libros de texto –, a fin de mostrar esta relación (*vínculos*) entre la fisiología y la bioquímica. En ellos, cobran relieve al menos dos elementos. Primeramente, el hecho de que la direccionalidad de las rutas metabólicas investigadas está dada desde el principio por la fisiología, de cuya legalidad general no se aparta la bioquímica. En segundo lugar, resaltan en ellos lo que definimos como *mecanismo*.

Veámoslo, tal como figura en los artículos publicados hace casi sesenta años, y se reproduce en los textos.



En este diagrama clásico, se expresa que la galactosa-1-fosfato se transforma en glucosa-1-fosfato por la acción de la enzima fosfatoisomerasa, y que la glucosa-1-fosfato se transforma en glucosa-6-fosfato mediante la enzima fosfoglucomutasa. Es sabido

que toda transformación metabólica lo hace por la acción de enzimas y coenzimas. En el presente diagrama, prescindimos de las coenzimas que intervienen en estas transformaciones enzimáticas, a fin de hacerlo más simple, aunque su descubrimiento fue de suma importancia cuando se investigaron estas rutas metabólicas. Se ve claramente que a una reacción sigue la otra, y que el elemento glucosa-1-fosfato es el resultado (producto) de la primera reacción y el insumo de la segunda, su elemento en común. Desde el punto de vista de una reconstrucción de la bioquímica, cada una de ellas son vistas como sistemas *concatenados* cuya estructura la determina la teoría (cf. Lorenzano, 2007).

Proponemos que la noción de mecanismo enriquece a los análisis estructuralistas, mostrando ese *plus* que excede a los modelos o ejemplares de las reconstrucciones que no la incluyen, y que consiste en que las pautas temporales no se limitan a mostrar los estados en que se encuentran cada uno de los sistemas al cabo de determinados intervalos temporales, tal como se explicita en las reconstrucciones, en las que los modelos actuales (ejemplares en nuestra terminología) incluyen enunciados legaliformes cuya función es el de prever (predecir) sus comportamientos. Más claramente, las nociones temporales intervienen en las reconstrucciones estándar sólo en el interior de cada uno de los sistemas. El *mecanismo* hace explícitas las relaciones temporales entre los diversos sistemas del mecanismo, tal que algunos en su funcionamiento preceden en el tiempo a otros, o son simultáneos a ellos, tal como sucede con las ruedecillas de un reloj. En los mecanismos, un sistema se pone en marcha cuando otro lo ha hecho, que a su vez hace que otros u otros comiencen a funcionar. En realidad, funcionan permanentemente, desde que se constituye el organismo. Como vimos, la baja de glucosa en sangre despierta el apetito, desencadenando los mecanismos de la ingesta, el pasaje por el intestino, y el resto de mecanismos anteriormente descriptos en un equilibrio inestable, que se restablece permanentemente.

Curiosamente, esta complejidad, interdependencia y coordinación alrededor de un esquema teórico básico (*fisiológico*) que hace de los diversos mecanismos un todo coherente, no es recogida generalmente por las interpretaciones acerca del conocimiento biológico (*biomédico*) que utilizan la noción de mecanismo, y ponen su acento en él y en su representación gráfica, para enunciar su especificidad. Por lo contrario, al cabo de nuestra reconstrucción, encontramos que las habituales nociones estructuralistas de *sistema* o *estructura* para el análisis de la teoría fisiológica fueron centrales a la hora de mostrar los mecanismos biológicos.

## 7 LA CONCEPCIÓN MECANICISTA

En los últimos años, se ha desarrollado una concepción metateórica que privilegia la noción de *mecanismo* para la comprensión del conocimiento biológico. La sintetizaremos, tomando en consideración la obra de uno de los autores que más ha contribuido a su desarrollo, el filósofo William Bechtel, a riesgo quizás de simplificar un pensamiento complejo, interesante, que exhibe, además, un conocimiento acabado de las teorías biológicas y de su historia (cf. Glennan 1996, 2002; Machamer, Darden & Craver, 2000; Bechtel & Abrahamsen, 2005a, 2005b).

Bechtel introduce la necesidad de analizar el conocimiento biológico en términos de mecanismos debido a las insuficiencias del esquema nomológico deductivo *hempeleano* para explicar los fenómenos que ocurren en los seres vivos. Lo hace por una doble vía. Por la primera, constata que, en los escritos biológicos, no suelen encontrarse leyes y, como una consecuencia natural, la imposibilidad de deducir de ellas los fenómenos a explicar. Por la segunda, nota que los científicos utilizan *mecanismos* para explicar los fenómenos biológicos, y lo hacen de una manera tal que la pregunta habitual de la explicación, o sea, *por qué* sucede tal o cual cosa, es reemplazada por otra: *cómo* sucede un fenómeno dado.

Un mecanismo es una estructura que realiza una función en virtud de sus componentes – partes, operaciones – y de su organización. El funcionamiento coordinado del mecanismo es responsable de uno o más fenómenos (Bechtel & Abrahamsen, 2005a, p. 422).<sup>12</sup>

Como vimos, en la investigación señera de Claude Bernard, a la pregunta de cómo – y no porqué – aparece glucosa en las venas suprahepáticas, la respuesta es que las células hepáticas la fabrican a partir del glucógeno que contienen. Un mecanismo simple que invita a indagar a continuación cómo se forma el glucógeno. Adelantándonos a lo que expondremos luego, estas dos respuestas forman un programa de investigación mediante el cual la comunidad bioquímica se propone llenar todos los espacios entre las dos sustancias del comienzo y del final de ambos mecanismos: de la glucosa de los alimentos al glucógeno, y de allí nuevamente a la glucosa, mediante la elucidación de los mecanismos que intervienen en ambos procesos.

<sup>12</sup> Como se constata, al definir *mecanismo*, estos autores, y Bechtel en muchos otros sitios, se remiten a las habituales nociones de *sistema* o *estructura*.

Bechtel señala además que los mecanismos, si bien pueden ser descriptos enunciativamente, aunque de manera quizás limitada, los científicos optan por presentarlos mediante diagramas, mucho más explícitos y claros a los efectos de su comprensión, que poseen por añadidura la posibilidad de exhibir las relaciones espaciales entre sus componentes. Inmediatamente, trata de dilucidar cómo se ponen a prueba los mecanismos que se proponen explicativos de un fenómeno dado, ya que se trata de dispositivos no enunciativos. Para nuestro autor, no difiere mayormente de la comprobación de hipótesis; en realidad, involucran hipótesis acerca del comportamiento del mecanismo en determinadas condiciones, aunque comprometa estrategias de simulación más que deducción lógica.

Otro aspecto interesante de presentar es cómo los mecanismos permiten generalizar los resultados obtenidos, desde el momento en que no derivan en leyes, el vehículo privilegiado de la generalización. Para comprenderlo, Bechtel parte de las propuestas de Wittgenstein (1958) cuando muestra que la definición es imposible, y que las instancias de un término, tal como *juego*, no comparten ninguna propiedad distinta, sino que presentan “parecidos de familia”. De la misma manera, mecanismos diferentes pueden ser similares, sin ser exactamente los mismos. Ilustra eso diciendo que el mecanismo de síntesis de proteínas puede ser similar en diferentes organismos, o en diferentes tipos de células de un mismo organismo, sin ser idéntico.

Presenta la objeción de Goodman (1955) acerca de las dificultades que entraña la noción de semejanza, desde el momento que el número de aspectos por los cuales se la puede aducir de un objeto dado es infinito y, por lo tanto, según cuál sea el que se tome en cuenta, puede ser similar a infinitos objetos; pero la evade diciendo que la similitud pierde esta indefinición si se la precisa especificando la métrica y las dimensiones del mecanismo en cuestión; añade que los biólogos por lo común no lo hacen, por lo que parecen poseer un sentido intuitivo de las dimensiones y pertinencia de cuales mecanismos son similares y cuales no. Señala que los científicos se centran en estudiar al ejemplar específico con el que iniciaron sus investigaciones, al que a menudo se refieren como “sistema modelo”, como lo es el axón del calamar gigante para estudiar la transmisión neural debido a las facilidades que brinda su tamaño, o las bacterias y los bacteriófagos para otros fines. Naturalmente, piensan que sus mecanismos son similares a los de otras especies, principalmente la humana.

Como se puede constatar una vez terminada nuestra síntesis, muchos de sus puntos de vista son coincidentes con los que sostuvimos en este escrito, desde la noción de mecanismo, hasta la escasa posibilidad de encontrar leyes explícitas en el conocimiento biológico.

Compartimos incluso su creencia de que mediante los mecanismos los científicos describen acertadamente a fenómenos que ocurren en el mundo, en una suerte de

realismo científico.<sup>13</sup> Aun más, su caracterización de *mecanismo*, a saber, una estructura con partes, relaciones y operaciones entre ellas, no difiere de la clásica definición de *sistema*, que utiliza también la concepción estructuralista, profundizándose la coincidencia cuando incorpora a *mecanismo* las funciones que cumple, las que indican que su actividad arroja un resultado determinado. Si consideramos que Bechtel define así a *mecanismos fácticos*, reales, vemos que, finalmente, de lo que habla es de aquello que nosotros llamamos *ejemplares actuales*, esos sistemas que al cumplir con un enunciado relacional que predica que en el transcurso de un período de tiempo experimentará un cambio, en la terminología de Bechtel, un resultado. Nuestras divergencias comienzan porque pensamos, contrariamente a Bechtel, que los mecanismos no agotan las posibilidades de analizar el conocimiento biológico, sino que se inscriben en unidades epistémicas más amplias, las teorías científicas, y que el camino para comprenderlos pasa por esa instancia y, particularmente, por su reconstrucción mediante las herramientas de la concepción estructuralista.

Al limitar su horizonte metateórico a la concepción heredada (*received view*), específicamente en lo que se refiere a las leyes y a la explicación hempeliana, no puede distinguir entre diferentes tipos de mecanismos, según pertenezcan a alguna teoría determinada – mecanismos de la fisiología, de la bioquímica, de la teoría genética, de la teoría de membranas etc, aunque mencionara estas disciplinas –, ni ir más allá de postular que pertenecen a “diferentes niveles”. Cuando Bechtel ve mecanismos de distintos niveles, nosotros vemos mecanismos de distintas teorías, que se coordinan formando mecanismos más complejos mediante relaciones *interteóricas*. Más todavía, en nuestra visión, no existirían niveles diferentes, ya que todos los intercambios se hacen en un mismo nivel, el que forman las células y el medio interno.

Bechtel tampoco vislumbra que la no explicitación de leyes no impide que se presuma la existencia de regularidades de cierto tipo en el área biológica, leyes, en suma, por las cuales se guían los científicos y sin cuya posesión la investigación sería inexplicable. Si bien es cierto que utiliza la noción de *semejanza*, lo hace casi exclusivamente para caracterizar la que ocurre entre mecanismos de especies o estirpes celulares diferentes y no entre mecanismos (sistemas) pertenecientes a una misma teoría, ya que

<sup>13</sup> Bechtel y Abrahansen (2005a) expresan que “el *insight* importante es que los mecanismos son sistemas reales en nature y, portanto, que no se debe enfrentar cuestiones comparables a las que son enfrentadas por las descripciones nomológicas de la explicación concernientes al *atatus de leges*” (p. 424), luego de señalar que Salmon (1984) mencionó como *ontológica* a la explicación que brindan los mecanismos de la naturaleza, mientras que sería *epistémica* la que proviene de las leyes. Bechtel difiere, a nuestro parecer acertadamente, al expresar que los mecanismos de la naturaleza no brindan *directamente* una explicación, la que es siempre una actividad epistémica. Es necesario puntualizar que, muy curiosamente, Bechtel no pareciera distinguir entre un presunto mecanismo de la naturaleza y la *descripción* de un mecanismo, a la que, a nuestro entender, es la única a la que puede atribuirse capacidad explicativa.

no utiliza esta categoría epistémica. Su horizonte metateórico no permite hablar de semejanzas entre los mecanismos de la bioquímica, o de las membranas, cuando obviamente debiera poder hacerse, si se quiere comprender la tarea de los científicos. Asimismo no se entiende cómo, habiendo caracterizado a los mecanismos como estructuras, propone que para delimitar la similitud entre los axones de un calamar gigante y lo del sistema nervioso humano sea necesario precisar “dimensiones y métrica”, en vez de aceptar que poseen un parecido estructural, esto es, sus estructuras son similares, y también lo son las de los mecanismos – ejemplares – de una teoría.

En síntesis, Bechtel hace un aporte significativo a la comprensión de las ciencias biológicas, pero, al prescindir de la noción de teoría y de su reconstrucción por las concepciones semánticas, no desarrolla aspectos del conocimiento biológico que es imposible de soslayar.

## CONCLUSIONES

A fin de reconstruir la teoría fisiológica tomamos en cuenta las investigaciones pioneras de Claude Bernard, el fundador de esta disciplina a mediados del siglo xix, acerca de la producción de glucosa en el organismo, que tomamos como caso paradigmático. Las razones para proceder de esta manera radican en el convencimiento de que una reconstrucción debe dar cuenta de la estructura *inicial* de una teoría, la que no puede variar a lo largo de su evolución histórica, ya que si este fuera el caso nos encontraríamos con una sucesión de teorías distintas. El más elemental criterio de identidad exige anclarla en su estructura primera y tratar sus evoluciones como especializaciones, como además ha sido la estrategia habitual en el estructuralismo.

Caracterizamos para ello los ejemplares de la fisiología estableciendo su estructura y la posibilidad de extender esa estructura a otros ejemplares similares, en una suerte de nominalismo de semejanzas, que no prescinde, por cierto, de reconstruir (explicitar) los enunciados legaliformes (tácitos) que guían el proceder de los fisiólogos.

Posteriormente, al establecer las relaciones que hacen la mediación entre los ejemplares de la fisiología, y entre éstos y los ejemplares de otras teorías próximas, se advirtió que esos sistemas interrelacionados podían ser interpretados recurriendo a la noción de *mecanismo*. En realidad, se trata de una serie de mecanismos que siguen las pautas estructurales de la fisiología, al mantener y extender a otros parámetros la noción de equilibrio alrededor de valores considerados normales.

Después de considerar las concepciones epistemológicas que presentan a los mecanismos como lo característico de la biología, mostramos que al no tomar en cuenta la noción de *teoría* para caracterizarlos, ni a las concepciones semánticas, no podían

visualizar si forman familias de mecanismos similares, pertenecientes a alguna teoría en particular, o si se trata, como tienden a mostrar, de mecanismos aislados. Tampoco pueden percibir, como lo hacemos nosotros, que todos ellos siguen las pautas estructurales estipuladas por la teoría fisiológica, esto es, aquellas que guían su funcionamiento; se trata de mecanismos *integrados*, tendientes a mantener un equilibrio interno en los organismos biológicos, y entre éstos y su medio externo.

Añadamos que la estructura teórica de la fisiología posee una fertilidad que no se agota en la medicina, sino que se extiende a otras disciplinas, ya que reencontramos, y no casualmente, casi cien años después, en la cibernetica, la noción de constantes reguladas por múltiples factores, *influyéndose y determinándose mutuamente* en su equilibrio, donde esta característica adquiere el nombre de *retroalimentación*. Una conexión que no es arbitraria, si recordamos que constituye el núcleo de la propuesta de Robert Wiener (1978) y Arturo Rosenblueth (1981), los creadores de la cibernetica como disciplina científica, y que el último es un distinguido cardiólogo y fisiólogo, que realizó, con el propio Wiener investigaciones fisiológicas acerca de la conducción de estímulos en las fibras nerviosas (cf. Rosenblueth & Wiener, 1943).

Esta estructura teórica reaparece asimismo en la teoría general de sistemas, así como en la teoría regulacionista (francesa) de la economía (Boyer, 1989), que se construye alrededor luego de que sus autores concurrieran a curso a cargo de George Canguilhem, en el que conocieron de primera mano el concepto de la homeostasis de Claude Bernard.

Es hora de concluir. Es evidente, luego de este recorrido por la fisiología, su estructura, la noción de mecanismo enriquecida teóricamente, y su extensión a la cibernetica y la economía, que la filosofía de la medicina tiene mucho que decir a la filosofía de la ciencia. De hecho, lo está y lo seguirá haciendo.❾

César LORENZANO

Director de la Maestría y Doctorado en Epistemología e Historia de la Ciencia,

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina.

*clorenzano@yahoo.com.ar*

*www.clorenzano.com.ar*

## ABSTRACT

We reconstruct physiological theory starting from the initial experiences of Claude Bernard — its paradigmatic exemplar — using a modified version of the structuralistic conception of theories, which characterises them by its exemplars, and not by its models, as it happens in the standard version. We preserve the structuralistic distinction between non theoretical and theoretical elements, and we establish the relationships between the different exemplars of physiology, and between them and the exemplars of biomedical theories. After that, and as a natural consequence of the reconstruction, we describe the *mechanisms* of physiology, a metatheoretical analytical approach proposed by some philosophers particularly interested in biomedical disciplines. We will argue — after exposing such position — that a better understanding of biomedical knowledge is obtained by the structural analysis of its theories, and that focusing only on the notion of mechanism is unnecessarily limiting.

**KEYWORDS** • Physiology. Physiological theory. Mechanisms. Structuralist conception. Reconstruction by exemplars. Paradigmatic exemplars. Nominalism. Nominalistic Reconstruction.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, C. & TANNERY, P. (Ed.). *Oeuvres de Descartes*. Paris: Vrin/Centre National Du Livre, 1995-1998. 11v.
- BALZER, W.; MOULINES, C. U. & SNEED, J. *An architectonic for science*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- BECHTEL, W. & ABRAHAMSSEN, A. Explanation: a mechanist alternative. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36, p. 421-41, 2005a.
- \_\_\_\_\_. Mechanistic explanation and the nature-nature controversy. *Bulletin d'Histoire et d'Epistémologie des Sciences de la Vie*, 12, p. 75-100, 2005b.
- BERNARD, C. *Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine*. Paris: Baillière, 1855-1856. 2v.
- \_\_\_\_\_. *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Buenos Aires: El Ateneo, 1959 [1865].
- BOYER, R. *La teoría de la regulación: un análisis crítico*. Buenos Aires: Humanitas, 1989.
- CANGUILHEM, G. Theorie et technique de l'expérimentation chez Claude Bernard. In: \_\_\_\_\_. *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Vrin, 1968. p. 144-55.
- CANNON, W. B. Organization of physiological homeostasis. *Physiologica Reviews*, 9, p. 399-431, 1929.
- COMTE, A. *Cours de philosophie positive*. Paris: Bachelier, 1830-1842. 6 v.
- DESCARTES, R. *Principia philosophiae*. In: ADAM, C. & TANNERY, P. (Ed.). *Oeuvres de Descartes*. Paris: Vrin/ Centre National Du Livre, 1996. v. 8, p. 1-353.
- DÍEZ, J. A. & LORENZO, P. (Ed). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/ Universidad Rovira i Virgili, 2002.
- FEIGL, H.; SCRIVEN, M. & MAXWELL, G. (Ed.). *Concepts, theories, and mind-body problem*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958. (Minnesota Studies in Philosophy of Science, 2).
- FLECK, L. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- GLENNAN, S. Mechanisms and the nature of causation. *Erkenntnis*, 44, p. 50-71, 1996.
- \_\_\_\_\_. Rethinking mechanistic explanation. *Philosophy of Science*, 69, p. S342-S353, 2002.
- GOODMAN, N. *Fact, fiction, and forecast*. Cambridge: Harvard University Press, 1955.
- HEMPEL, C. G. The theoretician's dilemma. In: FEIGL, H.; SCRIVEN, M. & MAXWELL, G. (Ed.). *Concepts, theories, and mind-body problem*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958. p. 37-98.
- HOUSSAY, B. A. Claude Bernard y el método experimental. *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba*, 28, 9-10, p. 1282-95, 1945.

## ESTRUCTURAS Y MECANISMOS EN LA FISIOLOGÍA

- HOUSSAY, B. A. et al. *Fisiología humana*. 5. ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1963.
- KUHN, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE, 1971.
- LORENZANO, C. Una reconstrucción estructural de la bioquímica. In: DÍEZ, J. A. & LORENZANO, P. (Ed). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes / Universidad Autónoma de Zacatecas / Universidad Rovira i Virgili, 2002. p. 209-30.
- \_\_\_\_\_. La estructura ejemplar de la bioquímica. *Revista de Filosofía*, 32, 1, p. 7-31, 2007.
- LORENZANO, P. La teoría del gen y la red teórica de la genética. In: DÍEZ, J. A. & LORENZANO, P. (Ed). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes / Universidad Autónoma de Zacatecas / Universidad Rovira i Virgili, 2002. p. 263-304.
- MACHAMER, P.; DARDEN, L. & CRAVER, C. Thinking about mechanisms. *Philosophy of Science*, 67, p. 1-25, 2000.
- ROSEMBLUTH, A. *Mente y cerebro. Una filosofía de la ciencia*. México: Siglo XXI, 1981.
- ROSEMBLUTH, A., WIENER, N. & BIGELOW, J. Behavior, purpose, and teleology. *Philosophy of Science*, 10, p. 18-24, 1943.
- SNEED, J. *The logical structure of mathematical physics*. Dordrecht: Reidel, 1971.
- SALMON, W. C. *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton: Princeton University Press, 1984.
- STEGMÜLLER, W. *The structure and dynamics of theories*. New York: Springer-Verlag, 1976.
- \_\_\_\_\_. *The structuralistic view of theories*. Berlin: Springer, 1979.
- WIENER, N. Mis días en México. In: \_\_\_\_\_. *Ensayos científicos*. México: Conacyt, 1978 [1944]. p. 239-54.
- WITTGENSTEIN, L. *Philosophical investigations*. Oxford: Basil Blackwell, 1958.

