

**ARTICULOS/ARTICLES**

**PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN Y ESTRATEGIAS  
METODOLÓGICAS: CUESTIONES CONCEPTUALES E  
HISTÓRICAS**

**RESEARCH PROGRAMS AND METHODOLOGICAL  
STRATEGIES: CONCEPTUAL AND HISTORICAL ISSUES**

Pio García  
Escuela de Filosofía  
Universidad Nacional de Córdoba  
[piogarcia@ffyh.unc.edu.ar](mailto:piogarcia@ffyh.unc.edu.ar)

**Resumen:**

En los años veinte del siglo pasado se constituye lo que luego se llamó la escuela de Cambridge en bioquímica. Bajo el liderazgo de Frederick Gowland Hopkins este grupo tenía como objetivo primario la consolidación de la nascente bioquímica. Una característica particular de este grupo fue el intento explícito de vincular el trabajo científico con la discusión filosófica. Sin embargo, algunos historiadores como Nils Roll-Hansen (1984) han cuestionado en duros términos la manera en la cual estos científicos apelaban a la filosofía. En particular Roll-Hansen ha sugerido que los aspectos filosóficos del trabajo de estos investigadores tendrían un mero carácter propagandístico vinculado con el proyecto de la constitución de la bioquímica como una disciplina.

En este trabajo voy a defender que es posible considerar a los principios filosóficos presentados por la escuela de Cambridge como algo más que una mera propaganda para un proyecto institucional. Para esto voy a comparar la relación entre los principios filosóficos y trabajo metodológico propuesto por la escuela de Cambridge con una propuesta contemporánea: el *Análisis de Control Metabólico*, una perspectiva en el estudio de la bioquímica cuyo trabajo metodológico se suele defender apelando a “principios filosóficos”. A pesar de la distancia temporal entre ambas escuelas, tanto la actitud de apelar a principios filosóficos como el campo de estudio científico son semejantes.

**Palabras clave:** Filosofía de la bioquímica; Análisis de control metabólico; Escuela de Cambridge

### **Abstract**

In the twenties of the last century, the Cambridge school in biochemistry was established. Under the leadership of Frederick Gowland Hopkins this group had as its primary objective the consolidation of a new science: biochemistry. A particular feature of this group was the explicit attempt to link scientific work with philosophical discussion. However, some historians like Nils Roll-Hansen (1984) have harshly questioned the way in which these scientists appealed to philosophy. In particular Roll-Hansen has suggested that the philosophical aspects of the work of these researchers would have to be considered as propaganda, motivated by attempt to establish the biochemistry as a discipline.

In this paper I am going to defend that it is possible to consider the philosophical principles presented by the Cambridge school as something more than a propaganda for an institutional project. To this end I am going to compare the relationship between the philosophical principles and methodological work proposed by the Cambridge school with a contemporary proposal: the *Metabolic Control Analysis*, a perspective in the study of biochemistry whose methodological work is usually defended by appealing to “philosophical principles”. Despite the temporal distance between the two schools, both the attitude of appealing to philosophical principles and their field of scientific study are similar.

**Key Words:** Philosophy of Biochemistry; Metabolic Control Analysis; Cambridge School

## **I. Introducción**

En los años veinte del siglo pasado se constituye lo que luego se llamó la escuela de Cambridge en bioquímica. Bajo el liderazgo de Frederick Gowland Hopkins este grupo tenía como objetivo primario la consolidación de la naciente bioquímica. Entre los participantes de este grupo se pueden citar a Joseph y Dorothy Needham, a J. H. Woodger, W.B. Hardy y J. D. Bernal. Una característica particular de este grupo fue el intento explícito de vincular el trabajo científico con la discusión

filosófica. Sin embargo, algunos historiadores como Nils Roll-Hansen (1984) han cuestionado en duros términos la manera en la cual estos científicos apelaban a la filosofía. En particular Roll-Hansen ha sugerido que los aspectos filosóficos del trabajo de estos investigadores tendrían un mero carácter propagandístico vinculado con el proyecto de la constitución de la bioquímica como una disciplina. Si bien es indudable que este grupo tenía un objetivo institucional definido, también parece evidente que la escuela de Cambridge entendía que dicho objetivo dependía de una caracterización científica y filosófica de su objeto de estudio.

En este trabajo voy a defender que es posible considerar a los principios filosóficos presentados por la escuela de Cambridge como algo más que una mera propaganda para un proyecto institucional. Contestar esta pregunta desde un punto de vista histórico parece difícil con la evidencia disponible. Por esta razón el objetivo de este trabajo es mostrar las condiciones bajo las cuales podría contestarse el problema anterior. Ahora bien, la objeción de Roll-Hansen supone, al menos, dos cuestiones. Por un lado está la pregunta general y difícil por la posible relación entre principios filosóficos y el trabajo de los científicos. Dicho de otra manera ¿pueden algunos principios filosóficos guiar la tarea científica?. Esta no es una cuestión extraña a la filosofía y la historia de la ciencia. Podrían recordarse aquí las referencias al mecanicismo tanto en su versión del siglo XVII como en alguna de sus versiones posteriores. No obstante lo cual, a los fines de poder abordar adecuada este problema parece conveniente especificar el alcance de esta relación. Así podemos preguntarnos ¿de qué manera pueden algunos principios filosóficos guiar o restringir el camino que se elige en la investigación (aquello que se investiga) o la manera en

la cuál se lleva a cabo dicho trabajo? A partir de esta especificación podemos formular la segunda pregunta: ¿tuvieron los principios filosóficos defendidos por la escuela de Cambridge una influencia efectiva en el trabajo científico de sus integrantes?. Esta segunda pregunta ahora debería contestarse en términos del tipo de fenómeno que eran seleccionados para la investigación y el tipo de recursos técnicos que estaban involucrados en la tarea científica. Consideraré ambas cuestiones solo en el contexto de la bioquímica a los fines de hacer más plausible los objetivos de este trabajo.

Para mostrar de que manera pueden principios generales o filosóficos guiar el trabajo en bioquímica tomaré en consideración una escuela contemporánea que abordó un campo semejante al de la escuela de Cambridge. A pesar de la distancia temporal entre ambas escuelas, tanto la actitud de apelar a principios filosóficos como el campo de estudio científico son semejantes. El proyecto científico contemporáneo al cual estoy haciendo referencia es el llamado *Análisis de Control Metabólico* (ACM), una perspectiva en el estudio de la bioquímica cuyo trabajo metodológico se suele defender apelando a “principios filosóficos”.

Mi intención no es simplemente oponer este caso contemporáneo con la perspectiva de Roll-Hansen<sup>1</sup> sino sugerir que la relación entre principios de corte filosófico y el trabajo metodológico propuesta por ACM puede servir para comprender la manera en la cual los principios filosóficos de la escuela de Cambridge pueden ser algo más que una propaganda. Para esto voy a comparar ambos programas de investigación haciendo foco en la

---

<sup>1</sup> Roll-Hansen (1984) restringe de manera explícita sus consideraciones al caso de la escuela de Cambridge.

manera en la cual las estrategias metodológicas<sup>2</sup> se vinculan- o no- con estos supuestos más generales. Este camino nos mostrará un caso, el de ACM, en el cual parece que es posible que los principios filosóficos estén vinculado de manera efectiva con la metodología científica en ACM. En este sentido, argumentaré que un análisis de la relación entre los principios conceptuales y la metodología en ACM puede guiar la comprensión y evaluación de las críticas a la escuela de Cambridge. Además este trabajo previo con ACM nos mostrará qué aspectos indagar en el caso de la escuela de Cambridge. Finalmente intentaré mostrar las diferencias importantes entre ambas escuelas que ejemplifican maneras distintas en las cuales los principios filosóficos pueden estar relacionados con los aspectos metodológicos.

Por su importancia histórica y conceptual, en este trabajo me voy a concentrar principalmente en un representante de la escuela de Cambridge: Joseph Needham. Las propuestas de la escuela de Cambridge han sido bien estudiadas por la historia y la filosofía de la ciencia. Entre los historiadores puede citarse a Pnina Abir-Am (1991), Harmke Kamminga (1996, 1997), Mark Weatherall, Nils Roll-Hansen (1984). Entre los filósofos y científicos se puede nombrar a Scott Gilbert y Sahotra Sarkar (2000). A su vez Garland Allen (1975, 2005) puede ser visto como alguien que ha desarrollado una perspectiva más conceptual de esta escuela con un fuerte apoyo histórico. Pero una fuente privilegiada para entender lo que querían hacer este grupo de investigadores son los escritos del propio Hopkins y

---

2 En este trabajo voy a referirme a las «estrategias metodológicas» de cada programa de investigación, el cual incluye tanto la aproximación a la modelización (más explícitas en ACM) como las técnicas de corte experimental. Estimo que, a los fines de este trabajo, esta simplificación no resulta problemática.

algunos de los que participaron en el instituto de investigación que él dirigía. En particular Needham ha realizado varias reconstrucciones de las ideas de esta época. Es importante notar que, para Needham, el interés de dichas reconstrucciones era principalmente conceptual, en tanto expresaban una comprensión del fenómeno que se estudiaba en la bioquímica más que un mero relato histórico.

En relación con la ACM, ésta puede entenderse como una propuesta principalmente metodológica la cual, además de proponer herramientas de modelización, tenía supuestos teóricos que algunos caracterizaban como un punto de vista «filosófico» Fell (1992), Nuñez Castro (1997), Mendes (1994). El aspecto «filosófico» de esta posición se mostraría en los supuestos fuertes en contra de un tipo de reduccionismo y en favor de una visión «holista» del fenómeno estudiado (Cfr introducción del libro de Fell 1997). Justamente esta perspectiva es la que la acerca, de manera más directa, a la escuela de Cambridge. La mencionada semejanza se vería tanto en las pretensiones filosóficas o principios conceptuales como en el supuesto vínculo entre estos principios y las herramientas metodológicas (y de modelización). La expresión *análisis de control metabólico* aparece en 1984 a partir del trabajo de varios bioquímicos y luego es desarrollado por Athel Cornish-Bowden, Jannie Hofmeyr, Pedro Mendes y David Fell, entre otros. Esta aproximación se constituyó como una alternativa en el área que estudia el papel de las enzimas en las transformaciones químicas del metabolismo. El descubrimiento de ciertos mecanismos vinculados con las enzimas ha motivado la búsqueda de explicaciones sobre sus efectos. Dicho en términos esquemáticos ACM pertenece a un grupo de aproximaciones que buscan analizar «la magnitud del efecto de algunos pequeños cambios en un parámetro (como el representado por la actividad

de una enzima) en las propiedades de un sistema metabólico (tales como el flujo o la concentración de un metabolito)» Fell (1992, 313).

## II. Una perspectiva filosófica: principios conceptuales

En este apartado voy a describir brevemente los aspectos que han sido señalados como filosóficos tanto en ACM como en la escuela de Cambridge. Lo que podríamos llamar los «principios conceptuales»<sup>3</sup> del ACM o su perspectiva teórica más general, se pueden sintetizar en el intento de destacar la relevancia de las propiedades sistémicas en el estudio del metabolismo enzimático. Dichos principios conceptuales surgen del trabajo de Kacser, H. y Burns, J. (en 1973) y Heinrich, R. y Rapoport, T. A. (en 1974) e involucra dos aspectos, el primero es «que el comportamiento de estados estables de la concentración de los fluidos y metabolitos dentro de una célula son propiedades sistemáticas y no se puede dar cuenta de dichas propiedades en términos de la conducta de las enzimas individuales sino por la acción conjunta de *todas* ellas» Mendes (1994, cap. 1). El segundo aspecto, habitualmente citado es la diferencia entre condiciones *in vivo* e *in vitro*.

El comportamiento cinético de las enzimas se observa típicamente en condiciones apropiadas para estudiar cuestiones vinculadas a los mecanismos (de acción), pero éstas [condiciones] no son necesariamente las más apropiadas para estudiar sus funciones fisiológicas, porque a menudo están demasiado lejos de

---

<sup>3</sup> Voy a utilizar la expresión «principios conceptuales» para marcar la diferencia entre principios de inspiración filosófica y aquellos supuestos teóricos habituales en el trabajo científico. Como puede verse en el caso de ACM, esta distinción no es siempre clara. Sin embargo, la escuela de Cambridge pretendía marcar esa diferencia de manera más nítida. En el resto de esta sección vamos a desarrollar este punto.

las que existen en el organismo vivo. Por lo tanto, las enzimas deben estudiarse con sustratos naturales en presencia de todas las otras moléculas pequeñas que puedan afectar la actividad *in vivo* Cornish-Bowden and Hofmeyr (2005, 11).<sup>4</sup>

Habitualmente, este último aspecto suele ser enunciado como complementario del anterior en tanto sería otra forma de destacar la relevancia de las relaciones sistémicas.

Los principios conceptuales, de corte «filosófico», aparecen todavía más claros y explícitos en la escuela de Cambridge. Esta escuela tenía una comprensión particular de los organismos y una propuesta metodológica asociada.<sup>5</sup> En 1941 Needham, decía que «el interés en la organización de la célula viva, en el límite entre biología y física era natural en Cambridge, donde la tradición de W.B. Hardy y F.G. Hopkins estaba, y todavía está, en pleno vigor» Schilpp (2004, 244).<sup>6</sup>

Needham destaca que el contexto apropiado para comprender a la bioquímica y realizar un trabajo adecuado en ese campo es el de la *estructura y organización* de la célula viva:

mi interés en la biología “filosófica” teórica se despertó probablemente por el hecho de ser bioquímico. El zoólogo sistemático puede sentirse satisfecho tratando sus datos como una

---

4 La cita sigue de esta manera; «incluidos los productos de reacción, de modo que la reacción inversa no esté prohibida artificialmente. Como las ecuaciones de velocidad reversible completas a menudo son complicadas de forma que resultan inmanejable, especialmente para la cinética cooperativa, se debe tener cuidado al elegir ecuaciones más simples que conserven las propiedades que son relevantes en las condiciones fisiológicas.» (Cornish-Bowden 2005 p. 11). Es interesante notar la relación entre modelización - *de sistemas in vivo* - y simplicidad. Para una discusión de la importancia de la distinción entre condiciones *in vivo* e *in vitro* se puede consultar García (2015).

5 Los orígenes de la bioquímica pueden rastrearse a partir de hitos institucionales, metodológicos e incluso de compromisos ontológicos Una introducción a esta historia puede consultarse en Kohler, (1973), Fruton (1973) y Holmes (1993). Varios de estos aspectos aparecen en la perspectiva que asumió la escuela de Cambridge.

6 A este grupo Needham le suma Haldane, Woodger y Dorothy Needham.

colección de formas vacías desconectadas de su sustrato material, el fisiólogo puede hacer lo mismo y el químico orgánico puede revelar la fórmula estructural de algún compuesto que estuvo involucrado en la célula viva, o analizar los constituyentes de la sangre o de los fluidos del tejido, sin dedicar mucho pensamiento a la organización del ser vivo que sintetiza uno o secreta el otro. Pero el verdadero bioquímico está profundamente comprometido con la estructura y organización de la célula viva (Schilpp, 2004, 243)

Needham estima que la explicitación de este aspecto, la importancia de las relaciones de organización, tuvo un impacto «profundo y amplio en los círculos científicos, más aún cuando era, en realidad, una descripción de lo que un gran número de científicos había creído previamente de un modo inconsciente» Schilpp (2004, 248).

Como vemos los supuestos conceptuales de esta escuela tienen una cierta semejanza, aunque son bastante más generales que los propuestos por ACM. Esto último se explicaría por varias razones. En primer lugar, la controversia vitalismo-neomecanicismo y organicismo calaba con fuerza en algunos ámbitos científicos todavía a principios de los años veinte del siglo pasado. Además, el interés explícito de varios de los participantes de la escuela de Cambridge era integrar el trabajo científico con una perspectiva filosófica. A los fines de hacer más explícito el contenido de esta perspectiva filosófica veamos brevemente algunas de las ideas de dos filósofos que tuvieron gran influencia en la escuela de Cambridge: Alfred Whitehead y John Woodger. Como ya vimos con Needham, la comprensión filosófica de lo que es un organismo juega un papel central en esta historia.

### III. Principios filosóficos en la escuela de Cambridge: la noción de organismo

Un representante del intento de la integración entre filosofía y ciencia en las primeras décadas del siglo XX es sin dudas J. H. Woodger quien en 1929 publica el libro *Biological Principles*, el cual pretendía ser tanto una expresión del trabajo conceptual de los biólogos como una guía filosófica. Aquí Woodger explicitó varios aspectos conceptuales que tomaron cuerpo en la escuela de Cambridge. Entre ellos la noción de *organismo*, por supuesto, era central. En la sección II, capítulo V de dicho libro, Woodger destaca que lo distintivo de un ser vivo: “el ser vivo consiste en un X más carbono, hidrógeno, oxígeno, etc, más las relaciones de organización” (Woodger 1929 citado por Schilpp 2004).<sup>7</sup> Además, nos dice, Woodger disciplinas biológicas como la fisiología no consideran al organismo en abstracto sino que “estudian las mutuas relaciones de las partes en el organismo viviente considerado como un evento y que despliega la dependencia mutua de los procesos” (Woodger 1929, p. 274-275). La relevancia de las relaciones, los eventos y procesos forma parte de las apuestas filosóficas más importantes de Woodger y son testimonio de la influencia de Whitehead. En 1930, Woodger (1930a, 1930b y 1930c) publica tres extensos artículos dedicados a la discusión de la noción de organismo. En estos textos uno de los grandes adversarios intelectuales es el reduccionismo mecanicista representado por la herencia cartesiana en biología. Cuestionar esta perspectiva involucra una empresa filosófica importante y, nos dice Woodger:

---

<sup>7</sup> Needham toma partido en la disputa con los vitalistas destacando que la referencia a las relaciones de organización de Woodger se plantea como un «objeto de estudio científico» y no como un «principio vital inescrutable» (Schilpp 2004).

Entre los escritores modernos que han sentido la necesidad de tal empresa, pocos están mejor equipados que A. N. Whitehead, y el lector que desee aprender lo que implica y por qué es necesario, no puede hacer nada mejor que leer los espléndidos dos primeros capítulos de la obra de ese autor *El Concepto de naturaleza* (Woodger 1930a, 7)

Los dos primeros capítulos de *El Concepto de Naturaleza* de Whitehead están dedicados a analizar la noción de materia vista como una herencia newtoniana que destaca la relación partícula-vacío y que, filosóficamente, iba de la mano de noción de sustancia. La experiencia nos dice, Whitehead, nos revela un conjunto de factores, pero estos factores son conceptualizados desde el esquema lingüístico de la predicación, transformándose en los accidentes de una sustancia material que, finalmente, constituye el entramado último de la realidad. Si a esta noción de materia se le suma la interpretación filosófica del impacto de las teorías de la transmisión, aparece una naturaleza bifurcada en el mundo de la causalidad, de las cualidades primarias y el mundo del pensamiento, de las adiciones psíquicas y las cualidades secundarias. Whitehead propone, entonces, una manera de entender la constitución ontológica del mundo que discuta la jerarquía supuesta en la relación entre sustancia y los factores que me revela la experiencia. Nociones como la de *acontecimiento* o evento vendrían a mostrar un entramado del mundo que sería, Whitehead insiste con esta idea, el que me revela la experiencia (la toma de conciencia sensorial).

Ahora bien, Woodger (y Needham) veía a la filosofía de Whitehead un sustento filosófico importante. ¿Por qué?. Una primera respuesta es que los biólogos interesados en filosofía consideraban la noción de *organismo* de Whitehead como una manera de comprender las motivaciones y la

orientación de su trabajo. En *La ciencia en el mundo moderno* (Whitehead 1925/1948) es donde aparece con mayor claridad la propuesta de Whitehead en relación con los organismos. Como vimos, en un principio Whitehead propone la noción de acontecimiento o evento como superadora del atomismo newtoniano. Pero luego esta noción va a ser reemplaza por la de organismo. La “biología es el estudio de los organismos grandes; mientras que la física es el estudio de los organismos pequeños” (Whitehead 1925/1948, IV). En este sentido, el concepto de organismo, entendido en un contexto ontológico más amplio que el campo de la biología, *incluye* al mundo de la física. Podría suponerse que este concepto tan *metafísico* era poco interesante para los filósofos y biólogos de la época. Sin embargo, ocurre todo lo contrario. Por ejemplo en el texto antes mencionado de Joseph Woodger sobre biología, Whitehead es, con mucho, el autor más citado<sup>8</sup>. Y, como vimos, Needham reconoce la importancia capital de la filosofía de Whitehead.

El elemento en común<sup>9</sup> que aparece asociado con la filosofía del organismo es el desafío que una perspectiva ontológica sugerida por una manera de ver el trabajo en biología. Y de esta manera parecen haberlo entendido los comentaristas contemporáneos a Whitehead

---

8 Woodger era un gran admirador del trabajo formal de Russell y Whitehead. Y en el texto *Principios de la biología* Woodger intenta una formalización de varios de los conceptos centrales de dicha disciplina.

9 Hay otro aspecto de peso que aparece asociada con la expresión filosofía del organismo es la manera en la cual Whitehead entiende la relación entre el sujeto que conoce y el mundo. En sentido estricto esta relación aparece desdibujada “La filosofía del organismo se dedica principalmente a la tarea de dejar clara la noción de «estar presente en otra entidad» (Whitehead 1929, 79-80). Pero este no es el punto que va a ser retomado de manera directa por los filósofos de la biología.

Whitehead estaba tratando de mantener unida una forma de ver el mundo como formada por procesos fluidos y dinámicos interconectados (Emmet 1932, xv)

Así, la filosofía del organismo de Whitehead es vista por Needham como *el* aporte central a esta visión conceptual. ¿Qué aspectos destaca Needham de esta perspectiva filosófica? Nuevamente la idea de organización, que es la que caracteriza a la noción de organismo de Whitehead. Aunque, como vimos, la manera en la cual se amplía esta propuesta es significativa. Así, de acuerdo con Whitehead la ciencia estaría adoptando una nueva perspectiva que “no es puramente física ni puramente biológica.” Es más, no solo hay organismos cuyos ingredientes básicos son aspectos de los objetos físicos<sup>10</sup>, sino que hay «organismos de organismos» Whitehead (1925/1948, 105). Whitehead considera que las partículas físicas conforman un «organismo básico», siendo las moléculas organismos (unidades orgánicas) de un nivel más alto. Pero, en los agregados de materia la unidad orgánica «se desvanece en el fondo (*background*)». El patrón está ahí, pero es vago y no decisivo. Cuando regresamos a los seres vivos, «recobramos la definición del patrón y su carácter orgánico surge nuevamente como prominente» (Whitehead 1925/1948, 105). De esta manera aparece más claro aún que su noción de organismo está asociada con *niveles* de organización.

Así, tanto la escuela de ACM como la de Cambridge formularon principios que estaban más allá de su trabajo científico efectivo pero que, al menos en la propuesta de estos grupos, pretendían guiar dicho trabajo. En ambos

---

10 “Eternos” en el lenguaje de Whitehead (Whitehead 1925/1948)

casos los principios filosóficos estaban asociados con la consideración de aspectos que destacaban la preeminencia o al menos la influencia ineludible de propiedades sistémicas (u holistas como se denominaban a veces). Ahora bien, la cuestión ahora es indagar la influencia de dichos principios en la tarea científica.

#### **IV. El problema de la relación entre principios conceptuales y estrategias metodológicas**

Veamos ahora la cuestión de la vinculación entre los principios filosóficos o conceptuales y las estrategias metodológicas. Si bien historiadores como Allen (1975, 2005) han defendido la fertilidad de las propuestas de la escuela de Cambridge, otros han visto como problemática la relación entre los principios conceptuales de dicha escuela y sus consecuencias metodológicas. Allen admite que tanto los “holistas” como los “mecanicistas” consideran el estudio de las interacciones entre las partes de un sistema. Pero, para Allen, mientras los mecanicistas creen que hay solo una diferencia cuantitativa entre las partes y aquello que genera las interacciones, para los holistas habría una diferencia cualitativa. En principio parece que la diferencia sería en la manera en la cual se considera el fenómeno o como lo dice Allen, si «las nuevas características no son solo cuantitativamente más complejas» (1975, 106). Para los mecanicistas, continuando con la caracterización de Allen, «es posible realizar una descripción completa de las características de cada parte estudiando dicha parte separada del resto». Diferencia cualitativa entre el todo y las partes y la insuficiencia de una explicación mecanicista parecen ser los argumentos centrales de Allen. Ambos aspectos tendrían para Allen una traducción

metodológica en tanto lo que está en discusión es cómo trabajar con el fenómeno a estudiar.

Como dijimos en la introducción, Gilbert, Sarkar (2000) y Roll-Hansen (1984), entre otros, han cuestionado la traducción metodológica de las propuestas más teóricas de la escuela de Cambridge. Así, por ejemplo, Roll-Hansen (1984) ha destacado que, si bien algunas de las figuras centrales de la biología de las primeras décadas del siglo pasado estuvieron comprometidos con una posición que se podría llamar «holista», esta perspectiva no ha tenido consecuencias en la manera de hacer ciencia: “No voy a discutir” dice Roll-Hansen, “que hubo una tendencia holista en la *filosofía* de la biología de las primeras décadas de este siglo... ni voy a discutir que el éxito pasado es una importante guía para el juicio que hacemos sobre nuestras teorías... Pero, ¿hubo de hecho una dirección holística nueva y fructífera en la ciencia biológica?” (Roll-Hansen 1984, 399). La respuesta de Roll-Hansen a esta pregunta es claramente negativa. Una de las consecuencias para Roll-Hansen, y también para otros historiadores, es que no se vería una diferencia real a la hora de comparar la metodología llevada adelante por los mecanicistas y los organicistas<sup>11</sup>. Una de las hipótesis de Roll-Hansen es que se ha hecho una caricatura del mecanicismo que ha dificultado la evaluación de sus aportes a las prácticas en biología. Para este historiador, la diferencia básica entre organicistas y mecanicistas podría plantearse en la «actitud ante el análisis y la explicación de los seres vivos» (Roll-Hansen 1984, 400). Sin embargo, un «mecanicista sofisticado» podría aceptar la irreductibilidad de fenómenos

---

11 Lawrance Henderson y Walter Cannon son vistos por algunos historiadores como Garland Allen como representantes del holismo en biología y Jacques Loeb o Edmund Wilson como defensores del mecanicismo.

«holísticos».<sup>12</sup> Así, de acuerdo con esta interpretación, los principios filosóficos de la escuela de Cambridge fueron fundamentalmente propagandísticos y no tuvieron una traducción metodológica efectiva.

Se podría hacer todavía más fuerte el argumento de Roll-Hansen. El trabajo principal de Needham en estos años estaba en la relación entre bioquímica, morfología experimental y embriología, bajo la influencia del programa de investigación de Hopkins (Goldsmith 1995, 34). El objetivo final de este trabajo era, en palabras de Haldane, «una reconstrucción completa del metabolismo intermedio, es decir de las transformaciones sufridas por la materia al pasar por el organismo» (Goldsmith 1995, 34). Una de las obras más importantes de Needham de esta época es la publicación de su tratado de embriología (a principios de los 30 del siglo pasado) en tres tomos. Parece que este debería ser el lugar en donde buscar la metodología de Needham más allá de sus declaraciones generales. Bueno, en este tratado, dice Needham, adopta una metodología neomecanicista (Needham 1931)<sup>13</sup>. Esta aplicación a la embriología no era para nada trivial. Como dicen varios historiadores, a fines del siglo XIX y todavía a principios del siglo XX la embriología era la más «irracional e irreductible» de las subdisciplinas en biología (Abir-Am 1991). En gran medida por la relevancia original de los experimentos de Driesch, en contra de Roux, y por la subsiguiente defensa por parte de Driesch del vitalismo

---

12 Roll-Hansen cita a Wilson como un ejemplo de esta perspectiva.

13 Encontré esta referencia en el artículo de Schröder (1992, 91). Se podrían citar numerosas referencias a la preocupación de Needham por las bases químicas de los fenómenos biológicos. Así, por ejemplo, Goldsmith relata la siguiente anécdota de cuando Needham estaba estudiando en la universidad «Hardy le advirtió que no realizara solo estudios biológicos, como anatomía, fisiología y zoología, en preparación para una carrera médica. "No, muchacho", afirmaba firmemente, "eso no va a ser como crees en absoluto. El futuro está con los átomos y las moléculas. Nunca harás nada en biología si no tienes esa base química y física. Eso es lo que deberías estudiar".

como única explicación de dichos experimentos Kamminga (1997).<sup>14</sup> Este ataque a la fertilidad de los principios conceptuales de la escuela de Cambridge plantea dos cuestiones, a los fines de este trabajo al menos, en primer lugar, qué tan justa es la crítica a la escuela de Cambridge y luego si esa crítica podría ser aplicable al caso del ACM. Comencemos con la segunda cuestión que nos permitirá ver de qué manera se relacionan los principios filosóficos con el trabajo científico en un caso contemporáneo. En relación con la fertilidad de los principios conceptuales de la ACM, parece que esta aproximación no es pasible del mismo tipo de crítica que la escuela de Cambridge. Una de las razones es que «el desarrollo del análisis de control metabólico puede compararse a un proceso de 'retoques' o 'emparchado'. Lo que ahora es el cuerpo teórico del análisis de control es el resultado de una adición parcial y del refinamiento de los teoremas presentados en los documentos originales de Kacser y Burns y Heinrich y Rapoport.» Hofmeyr (2001, 291).

No es que no haya, en este caso, un contexto de disputa con otras perspectivas de abordaje de la dinámica enzimática. Pero, aquí se muestra que el punto de vista más teórico, la centralidad de los aspectos sistémicos, depende de una especie de sedimentación de las estrategias metodológicas y de modelización.

Más aún, se ha defendido la fertilidad de esta perspectiva metodológica a partir de los contextos experimentales:

---

14 Las referencias clásicas de Cassirer (1986) o de Canguilhem (1976) muestra cómo estos experimentos pasaron a ser paradigmáticos en esta área. Por otro lado, Needham identifica dos problemas centrales: las leyes o regularidades que gobiernan cada nivel de complejidad - y su eventual irreductibilidad- y la falta de capacidad predictiva que tendría una posición reduccionista fuerte. De aquí que para Needham la cuestión central es: ¿cómo se relacionan los niveles de organización? Schilpp (2004)

Los enfoques experimentales tradicionales utilizados para cambiar el flujo o la concentración de un metabolito particular de una vía metabólica se han basado principalmente en la inhibición o sobreexpresión de la presunta etapa de limitación de velocidad. Sin embargo, los intentos de manipular una vía metabólica siguiendo este enfoque han resultado infructuosos. El análisis de control metabólico permite determinar, cuantitativamente, el grado de control que una enzima específica ejerce sobre el flujo y sobre la concentración de metabolitos, sustituyendo así el concepto intuitivo y cualitativo de paso limitador de velocidad (Moreno-Sánchez et al. 2008).<sup>15</sup>

Finalmente, otra manera de destacar la fertilidad de esta propuesta es a través de los cambios en los contextos experimentales relevantes: «Casi toda la cinética que ahora está disponible para muchas enzimas se reunió en experimentos diseñados para arrojar luz sobre los mecanismos de acción. Establecer mecanismos de acción es, por supuesto, una razón completamente legítima para estudiar las enzimas... pero no siempre esta es la única ni la mejor manera de entender la fisiología de las enzimas» (Cornish-Bowden and Hofmeyr (2005, 11). En este contexto Cornish-Bowden y Hofmeyr abogan por un tipo de experimentos en los cuales se preste atención al *control* de las enzimas.

De esta manera, tanto por la prioridad de la metodología en la constitución de esta aproximación, como por su fertilidad, los principios «filosóficos» o conceptuales de la ACM parecen estar lejos de ser una mera propaganda. Quizás parte de las razones de la diferencia con Needham y la escuela de

---

15 Además, la ACM ayuda a «comprender (i) los mecanismos subyacentes por los cuales una enzima dada ejerce un control alto o bajo y (ii) por qué el control de la vía es compartido por varias enzimas y transportadores de la vía. Aplicando ACM es posible identificar los pasos que deben modificarse para lograr una alteración exitosa del flujo o la concentración de metabolitos en vías de biotecnología (por ejemplo, producción de metabolitos a gran escala) o relevancia clínica (por ejemplo, terapia con medicamentos).» Moreno-Sánchez et al. (2008).

Cambridge sea que estos principios son más acotados que el «holismo» citado por Allen. Pero, sin dudas lo central es el papel que tienen las estrategias metodológicas y los recursos técnicos en el ACM. ¿No podríamos encontrar algo similar en Needham y, por extensión, en la escuela de Cambridge?

Por lo ya reseñado, la crítica de Roll-Hansen aparece como plausible. Más aún cuando uno de los representantes más importantes de la perspectiva filosófica de la escuela de Cambridge, Needham, aparece como un ejemplo de *la no-relación* entre principios conceptuales y consecuencias metodológicas. Ahora bien, dado el compromiso de este científico tanto con la perspectiva teórica como con su trabajo empírico ¿cómo explicar la afirmación de Needham en favor de la metodología neomecanicista?. Podría argumentarse que la defensa de tipo filosófica fue una reconstrucción posterior del propio Needham (el texto que más citamos arriba es de 1941). Sin embargo, también vimos que en esta misma época, Needham escribe varios artículos donde defiende una «teoría orgánica de la naturaleza» (siguiendo a Bernal, a Woodger y a Whitehead). Es más, esta aproximación tenía, en la comprensión de Needham, consecuencias metodológicas. Así, dice Needham, apoyándose en Bernal, que «el organismo viviente como una totalidad con todos sus complicados fenómenos de regulación presenta características que son *imposibles de imaginar en una constelación de procesos puramente físico-químicos*» Needham (1928).

Una manera de abordar esta aparente contradicción es como lo hace la historiadora Abir-Am, quien aboga por una tesis de «reconciliación» entre la metodología (mecanicista) y principios conceptuales (organicistas) en

Needham: «la agenda científica de Needham» nos dice Abir-Am «en embriología bioquímica, considerada inusual por la mayoría de sus colegas tanto en bioquímica como en embriología, fue habilitada y limitada por sus intereses filosóficos en la reconciliación del mecanicismo, que Needham consideró el mejor enfoque metodológico de la biología, con el organicismo, que Needham llegó a considerar como un enfoque metafísicamente superior» (Abir-Am 1991). Uno de los problemas con esta interpretación, al menos para lo que me interesa aquí, es que metafísica y metodología no tendrían prácticamente ningún contacto. De esta manera, la interpretación de Abir-Am se ajusta muy bien con la crítica de Roll-Hansen.

Pero Needham no parecía entender de esta manera la relación entre metodología y principios filosóficos. Al preguntarse acerca de las consecuencias prácticas de la perspectiva del organicismo y acerca de «cuáles métodos deberían adoptarse para el estudio de las estructuras vivas organizadas» nos dice: «¿Hasta dónde las totalidades pueden hacerse transparentes, por análisis de rayos X de los compuestos cristalinos y líquidos cristalinos que, como hoy sabemos, juegan un rol tan importante en la estructura del cuerpo vivo? ¿Cuán lejos se puede explorar la estructura viva sin interferir en su delicada organización? ¿Cuáles son las fuerzas que mantienen las entidades morfológicas juntas y cómo se relacionan con las fuerzas en el nivel molecular y sub-molecular?.» Schilpp (2004, 248). En el contexto de estas preguntas *critica* la metodología mecanicista, en tanto puede ser vista como una continuación del espíritu de los fundadores de la zoología. En este lugar cita a T. H.

Huxley quien hablaba de los animales como máquinas y defendía un programa reduccionista fuerte.<sup>16</sup>

Esta aproximación mecanicista funcionaba como un eslogan útil, nos dice Needham, pero “rara vez era satisfactorio para el biólogo trabajando” (Schilpp 2004). Aquí es Needham quien acusa al mecanicismo de proponer un ideal *metodológicamente* inadecuado.

De esta manera, Needham, en la misma época, critica la metodología mecanicista y, a la vez, parece sancionar su uso en campos como la embriología (en donde los experimentos de Driesch todavía causaban una gran impresión). Esta contradicción flagrante en un científico tan preocupado por reflexionar acerca de su práctica es cuanto menos curiosa. Ahora bien, el uso del término neo-mecanicismo por parte de Needham parece marcar una diferencia más importante con el mecanicismo tradicional de lo que suponen críticos como Roll-Hansen.

Hasta aquí la discusión parece suponer que la relación entre principios conceptuales y recursos metodológicos solo debe plantearse en el contexto de la controversia entre el vitalismo - mecanicismo y, eventualmente, en la forma en la cual el organicismo comienza a terciar en esta discusión. Pero este esquema no parece ser del todo justo con la manera en la cual se desarrolló el trabajo los participantes de la escuela de Cambridge y, en particular, con Needham.

---

16 Huxley «considera a los animales como máquinas impulsadas por ciertas fuerzas y realizando cierta cantidad de trabajo el cual puede ser expresado en términos de las fuerzas ordinarias de la naturaleza. El objetivo final de la fisiología es deducir los hechos de la morfología por un lado y aquellos de la ecología por el otro a partir de las leyes de las fuerzas moleculares de la materia» Schilpp (2004).

A pesar de las reconstrucciones polémicas de Allen y Roll-Hansen, la escuela de Cambridge tenía aportes que no se describían de manera adecuada- ni conceptual ni metodológicamente -con el rótulo general del «holismo». Veamos brevemente esto en el trabajo de Needham y en la propuesta de Hopkins.

A comienzo de los años veinte Needham comienza a estudiar la aparición de algunos compuestos químicos en el desarrollo embriológico (inositol). También por esta época trabaja en la química del metabolismo lo cual lo lleva a realizar experimentos en diferentes laboratorios marinos. Además, aprende técnicas de micro-manipulación para el estudio del PH y el potencial de reducción oxidación celular» Goldsmith (1995, 36)<sup>17</sup>. A partir de estos estudios pudo «describir un gran número de nuevos hechos acerca del metabolismo de los embriones y de las funciones químicas de sus estructuras accesorias» Goldsmith (1995, 37). La mayoría de estos estudios estaban guiados por una concepción *dinámica* del metabolismo en el cual las enzimas comienzan a tener un papel importante (Kamminga y Weatherall (1996, 290). Algo similar se puede decir del trabajo de otros colegas de Needham en Cambridge. Baldwin (1937) y Holmes (1937) publican en los treinta un par de libros muy influyentes desde esta perspectiva.

¿En qué consistía esta concepción *dinámica* de la bioquímica? Este era el ideal unificador y metodológico de Hopkins. El título de su conferencia en la Asociación Británica para el avance de la ciencia de 1913, uno de los documentos fundacionales de esta escuela, es justamente «El aspecto dinámico de la bioquímica» (Hopkins 1913) Allí, Hopkins invitaba a los

---

17 Aparentemente las técnicas que aprendió Needham en esta época eran tan difíciles que Needham tenía pocos competidores en el área.

jóvenes investigadores a utilizar «rigor químico con entusiasmo por los problemas biológicos». Para Hopkins la bioquímica «se centra en la investigación de los cambios químicos involucrados en procesos biológicos fundamentales y requiere de una combinación de análisis químico orgánico y del estudio del equilibrio dinámico físico-químico».

En este sentido, Hopkins repite varias veces que para dar cuenta de la especificidad de la bioquímica hay que centrarse en su aspecto *dinámico*. Esta idea tenía una traducción metodológica. En el pasado, dice Hopkins, los fisiólogos químicos «identificaban compuestos aislados de los animales y estudiaban el metabolismo 'en bloque', esto es analizaban solo la relación *entrada-salida (input-output)*». Pero los bioquímicos, continúa, comenzaron a «identificar las moléculas que toman parte en las reacciones del metabolismo intermedio al estudiar el control de estas reacciones por enzimas y por su organización dentro de la célula». De esta manera, la traducción metodológica del ideal dinamicista involucraba, para Hopkins, una diferencia con aproximaciones reduccionistas. A su vez, Hopkins interpretaba el ideal dinamicista como una nueva síntesis de la biología y la química. Entre los años 20 y 30 «Hopkins comenzó a insistir mucho más en la especificidad química de las reacciones catalíticas» ilustrada principalmente a través del papel de las enzimas. «Basándose en la misma investigación, Hopkins también otorgó mayor importancia a los temas de coordinación y control» (Kamminga y Weatherall 1996, 290).

Esta manera de ver la relación entre principios conceptuales y metodología tiene como consecuencia que en lugar de considerar a dichos principios conceptuales como generales, éstos están vinculados con las estrategias metodológicas. Así, cuando incluimos a los aspectos dinámicos en lugar

del holismo, esto no significa demasiado sin la consideración de las estrategias metodológicas asociadas. Estas estrategias hacen una diferencia a la hora de estudiar los fenómenos en donde los aspectos sistémicos son esenciales. La inclusión de estas estrategias no parecen hacer una diferencia a la hora de decir si se utiliza química o no para estudiar fenómenos de la vida – aunque esta inclusión puede ser indispensable por otras razones. Pero sí hacen una diferencia a la hora de especificar si dichos *métodos* químicos son *suficientes*. Así como en el caso de ACM los recursos que modelizaban propiedades como el control era esencial para comprender el papel de las enzimas en algunos contextos, en la metodología que intenta llevar adelante la escuela de Cambridge aparecen propiedades semejantes asociadas con los mismos contextos (las enzimas). Así, en lugar de propiedades algo oscuras y generales aparecen propiedades especificadas metodológicamente que dan cuenta de fenómenos que no contradicen una descripción química pero que conllevan un nivel de descripción diferente. La propiedad del control asociada con algunos procesos enzimáticos sería un ejemplo de este tipo.

## **V. Consideraciones finales**

En este trabajo he abordado la relación entre lo que hemos llamado principios conceptuales y recursos metodológicos en dos propuestas de trabajo en bioquímica. Las críticas a la supuesta falta de efectividad o de traducción metodológica de los principios conceptuales de la escuela de Cambridge planteaban una posible situación similar en el caso de ACM. Pero en este último caso, la preeminencia - no sólo temporal- de los recursos metodológicos no parecen hacerlas susceptibles de una crítica

similar. ACM se constituyó a partir de la sedimentación de un conjunto de técnicas que luego fueron descritas desde una perspectiva más general - lo que algunos científicos del área llaman su «filosofía». Si bien este proceso de sedimentación no aparece tan claro en la escuela de Cambridge cuando se toma en cuenta el holismo (la manera en la cual, por ejemplo, Allen y Roll-Hansen discuten) no obstante la progresiva importancia de algunos fenómenos – como los enzimáticos- y los aspectos sistémicos relacionados con propiedades centrales de esos fenómenos - como la del control conllevan la construcción de un trasfondo metodológico que se cristaliza en principios filosóficos o generales. Hopkins lo llamaba los aspectos dinámicos de la bioquímica.

En este sentido sugerí que algo similar a lo que ocurría en la escuela de ACM podía verse si prestábamos atención al trabajo efectivo de algunos de los científicos de la escuela de Cambridge - aquí me concentre en la figura de Needham-. Se podría objetar que la dinámica de la bioquímica como perspectiva teórica es tan general como el holismo. Sin embargo, cuando se habla del aspecto *dinámico* de la bioquímica, esta es una manera de designar una aproximación al área con recursos metodológicos y técnicos específicos. La idea de sedimentación metodológica que parece describir la génesis de ACM puede servir como modelo para interpretar este aspecto de la escuela de Cambridge. La polémica histórica con el vitalismo parece haber dificultado la importancia de este aspecto. Pero parece indudable que hay una historia que contar de la escuela de Cambridge desde la metodología. Si bien en el presente trabajo hemos solo insinuado cómo podría explicitarse esta historia, nuestro objetivo ha sido mucho más acotado: defender la relevancia metodológica de los principios

“filosóficos” en la escuela de Cambridge. En este sentido, al menos, no parece tan distinto de lo que ocurre con el ACM. Así podrían verse ambas escuela con un ejemplo más de la manera en la cual principios generales o filosóficos pueden influir en la tarea científica.

### **Bibliografía**

- Abir-Am, P. G. (1991). The philosophical background of Joseph Needham a work in chemical embryology. en *A conceptual history of modern embryology*, pages 159–180. Springer.
- Allen, G. (1975). *Life Science in the 20th Century*. New York, 51, 299.
- Allen, G. (2005). Mechanism, vitalism and organicism in late nineteenth and twentieth-century biology: the importance of historical context. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36(2):261–283.
- Baldwin, E. (1937) *An introduction to comparative biochemistry*, Cambridge University Press.
- Cassirer, E. (1986) *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas*. Fondo de Cultura Económica.
- Canguilhem, G. (1976). *El conocimiento de la vida*. Anagrama.
- Cornish-Bowden, A. and Hofmeyr, J. (2005). Enzymes in context: Kinetic characterization of enzymes for systems biology. *The Biochemist*, 27(1):11–13.
- Fell, D. A. (1992). Metabolic control analysis: a survey of its theoretical and experimental development. *Biochemical Journal*, 286(Pt 2):313.
- Fruton, J. (1973). The emergence of biochemistry. *Science*, Vol. 192:327–334.

- Garcia, P. Computer simulations and experiments: in vivo–in vitro conditions in biochemistry. *Found Chem* **17**, 49–65 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10698-015-9215-2>
- Gilbert, S. F. y Sarkar, S. (2000). Embracing complexity: organicism for the 21st century. *Developmental dynamics: an official publication of the American Association of Anatomists*, 219(1):1–9.
- Goldsmith, M. (1995). *Joseph Needham: 20th-century renaissance man*. Number 28. Unesco.
- Hofmeyr, J.-H. S. (2001). Metabolic control analysis in a nutshell. In *Proceedings of the 2nd International conference on systems biology*, pages 291–300. Omnipress Madison, Wisconsin.
- Holmes, E. (1937) *Metabolism of living tissue*, Cambridge University Press
- Hopkins, F. G. (1913). The dynamic side of biochemistry. *Nature*, 92(2294):213– 223.
- Kamminga, H. (1997). Frederick Gowland Hopkins and the unification of biochemistry. 22:184–7.
- Kamminga, H. and Weatherall, M. W. (1996). The making of a biochemist. i: Frederick Gowland Hopkins’ construction of dynamic biochemistry. *Medical history*, 40(3):269–292.
- Kohler, R. E. (1973). The enzyme theory and the origin of biochemistry. *Isis*, pages 181–196.
- Mayr, E. (2016) ¿Cuál es el significado de “vida”? en Bedau, M; Cleland, C.: La esencia de la vida, Fondo de Cultura Económica, México, (187-213).

- Mendes, P. (1994). *Computer simulation of the dynamics of biochemical pathways*. PhD thesis, University of Wales, Aberystwyth.
- Moreno-Sánchez, R., Saavedra, E., Rodríguez-Enríquez, S., and Olín-Sandoval, V. (2008). Metabolic control analysis: a tool for designing strategies to manipulate metabolic pathways. *BioMed Research International*, 2008.
- Needham, J. (1928). Organicism in biology. *Philosophy*, 3(9):29–40.
- Needham, J. (1931). *Chemical embryology*, volume 3. University Press Cambridge.
- Roll-Hansen, N. (1984). E.S. Russell and J.H. Woodger: the failure of two twentieth century opponents of mechanistic biology. *Journal of the History of Biology*, 17(3):399–428.
- Schilpp, P. A. (2004). *The philosophy of Alfred North Whitehead*. Open Court, New York. OCLC: 912329657.
- Schroder, H. (1992). Classics revisited: Joseph Needham: ‘chemical embryology’-Cambridge 1931. *Placenta*, 13(1), 91-94.
- Whitehead, A. N. (1920/1986), *The Concept of Nature*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Whitehead, A. N. (1925/1948). *Science and the modern world*. Pelican Mentor, New York
- Whitehead, A. N (1929/1985), *Process and Reality*, (Gifford Lectures 1927–28), New York: Macmillan. Corrected edition, David Ray Griffin & Donald W. Sherburne (eds.), New York: The Free Press,
- Woodger, J. H. (1929). *Biological principles: A critical study*. Routledge.

- Woodger, J. H. (1930a). The "concept of organism" and the relation between embryology and genetics. Part I. *The Quarterly Review of Biology*, 5(1), 1-22.
- Woodger, J. H. (1930b). The "Concept of Organism" and the Relation Between Embryology and Genetics Part. II. *The Quarterly Review of Biology*, 5(4), 438-463.
- Woodger, J. H. (1930c). The "Concept of Organism" and the Relation Between Embryology and Genetics Part. III. *The Quarterly Review of Biology* 1931 6:2, 178-207.

*Recibido el 10 de mayo de 2020; aceptado el 25 de septiembre de 2020.*