

PANORAMA DE LA OBRA DE J.H. WOODGER EN LA BIOLOGIA CONTEMPORANEA

Andrés Moya Simarro

Universidad de Valencia

La obra de J.H. Woodger es un programa renovador en el panorama de la investigación biológica desde hace algunas décadas. Su novedad frente a la investigación tradicional se centra en dos aspectos fundamentales, y sobre los cuales basaremos el análisis de su obra: a) por un lado el desarrollo en la biología de un cálculo lógico, reaprovechando las obras de Frege y Boole; y b) por otro lado el intento de una axiomatización, al menos en un sector clave de la Biología como es la Genética. El carácter formal de su aportación tiene claras implicaciones esclarecedoras en el seno de una ciencia con terminología pluri-interpretada como es la Biología, así como la posibilidad de desarrollar un intento de teorización y tratamiento cualitativo de aquellas estructuras y funciones de los seres vivos que son logicizables o algebrizables. Ese intento se encuadra, ya lo veremos, en el seno de la investigación de fenómenos análogos estructural y funcionalmente en la escala de los seres vivos y por lo tanto en el establecimiento de una nueva metodología de trabajo en Biología.

La estructura interna del razonamiento biológico no está al margen del razonamiento como tal, y por lo tanto pensar en la necesidad de formación en los principios y procedimientos deductivos de la Lógica no debe estar al margen de las pretensiones formativas del biólogo. Es más, constituye un arma poderosa en la estructuración de un trabajo que pretende conclusiones a través de una cadena causal, así como en la detección de errores. Este tipo de trabajo lo propone Woodger como necesario en Biología. Comenta al respecto:

Mi principal intención al decir cuanto he dicho acerca de ellos, ha sido mostrar a los biólogos que existe una tal técnica para la derivación de consecuencias. Al presente la derivación de consecuencias en Biología se lleva a cabo o bien por medio de aquellas partes de la matemática que son más familiares, o bien sin otra ayuda que la intuición. El cálculo funcional y el álgebra booleana (que será introducida más tarde) hacen posible la aplicación a problemas biológicos de un método matemático de carácter no numérico. La intuición, sin ninguna otra ayuda, ha hecho maravillas en el pasado y nada puede ocupar su lugar. Sin embargo no es infalible, y hay, presumiblemente, un límite a la complejidad con la que incluso la más brillante puede rivalizar. Es útil, por consiguiente, disponer de medios merced a los cuales pueda ser extendido el alcance y comprobados los resultados de la intuición. (J.H. Woodger, 1978, 34).

Demuestra en concreto que textos de la investigación clásica, como los de Harvey sobre la circulación de la sangre, no están al margen de un posible tratamiento lógico. Incluso utilizando asertos empíricamente afinados, y a través de definiciones, reconvirtiendo expresiones en un conjunto de proposiciones lógicas nos encontramos en ciertos momentos con conclusiones que son derivables a través del uso de las reglas del cálculo lógico. Por lo tanto la primera e importante aportación de la obra de Woodger se centra en la necesidad de formación del biólogo en el sistema lógico, por otra parte implícito en su propia investigación concreta.

Para entender a fondo el trabajo de axiomatización efectuado en la Genética por Woodger, que puede ser el anticipo de un intento, mucho más generalizado, que abarque, desde la perspectiva de enunciados fundamentales, la estructura de una teoría general axiomatizada en el seno de la Biología, recurriremos a varias referencias bibliográficas de otros autores que han estado interesados por la investigación de aspectos teóricos, o teorizables, en Biología.

El primero de ellos, desde nuestro punto de vista el más

utilizado en Biología, es el campo del tratamiento estadístico de los datos biológicos. Este tratamiento se basa, en lo fundamental, en la imposibilidad del conocimiento del determinismo del individuo cuando se lo estudia en conjunto con otros individuos (es el caso de la célula con otras células, del tejido con otros tejidos, de las moléculas, etc.). La teoría estadística, con su fundamentación probabilística, es un procedimiento de trabajo con varios niveles de actuación en Biología. Un primer nivel, por otra parte el más habitual en su uso por el biólogo, es el clásicamente denominado *Biometría*. Al respecto de él comentan Sokal y Rohlf en su texto ya clásico:

Nuestra definición nos dice que la *Biometría* es la aplicación de la Estadística a los problemas biológicos; pero tal definición deja algo en el aire —no hemos definido qué entendemos por Estadística. Estadística es una ciencia cuyo nombre resulta bien conocido incluso para los profanos. El número de definiciones que se le pueden encontrar está limitado únicamente por el número de libros que se consultan. En su moderna acepción podemos definir Estadística como el estudio científico de datos numéricos basados en fenómenos naturales. (R.R. Sokal y F.J. Rohlf, 1979, 12).

La teoría de los procesos estocásticos representa un intento depurado de modelización matemática de fenómenos biológicos dinámicos, adquiriendo éstos el mismo tratamiento que se les otorga a los sucesos elementales de la Física en la *Mecánica Estadística* y *Teoría de Partículas*. Cualquier texto de esta materia nos lo aclara:

La teoría de los procesos estocásticos se define generalmente como la parte “dinámica” de la teoría de probabilidades, en la que se estudia un conjunto de variables aleatorias (llamado un proceso estocástico) desde el punto de vista de su interdependencia y su comportamiento límite. Se observa un proceso estocástico siempre que se examina un proceso que se desarrolla en el tiempo de manera controlada por leyes probabilísticas. Son ejem-

plos de procesos estocásticos el recorrido de una partícula en movimiento browniano, el crecimiento de una población tal como una colonia de bacterias, el número fluctuante de partículas emitidas por una fuente radiactiva ... Se presentan en Medicina, Biología, Física, Oceanografía, Economía y Psicología, por citar sólo unas pocas disciplinas científicas. Si un científico tiene en cuenta la naturaleza probabilística de los fenómenos con los que trata, sin ninguna duda ha de hacer uso de la teoría de procesos estocásticos. (E. Parzen, 1972, 7).

Un segundo lo supone la investigación centrada en el tratamiento de los fenómenos vitales y dinámica de los seres vivos en la perspectiva del análisis matemático, fundamentalmente con el análisis de sistemas deterministas de ecuaciones diferenciales. Es un procedimiento muy afincado en algunos sectores de la investigación biológica, como es el caso de la Ecología, la cinética enzimática, el transporte a través de membranas o la Genética de Poblaciones. J. Maynard Smith comenta, un poco en contraposición a la corriente desarrollada con la Biometría, otras líneas de indagación:

Se supone, en general, especialmente entre la gente dedicada a la Estadística, que la única rama de las matemáticas necesaria para un biólogo es la Estadística. Yo no comparto esta opinión. La Estadística les es necesaria a los biólogos porque no hay dos organismos idénticos. Pero tengo el sentimiento de que se ha sobreestimado la Estadística y particularmente la rama de la misma que trata de las pruebas de significación...

En contraste, me ocupo en este libro de aquellas ramas de las matemáticas, primordialmente las ecuaciones diferenciales, las relaciones de recurrencia y la teoría de la probabilidad, que pueden utilizarse para describir procesos biológicos. (J. Maynard Smith, 1977, 9).

La teoría de sistemas de von Bertalanffy reaprovecha este tipo de análisis matemático pero desde la perspectiva no mecanicista de que un organismo tiene manifestaciones relacionales no

deducibles de sus componentes individuales. Esta teoría, que no pretende en su base axiomatizarse, aunque hay intentos de varias clases por efectuarlo, es plástica para el análisis estructural y dinámico de fenómenos vitales. Von Bertalanffy lo resume:

Al manejar complejos de elementos pueden establecerse tres tipos de distinción, a saber: (1) de acuerdo con su número; (2) de acuerdo con sus especies; (3) de acuerdo con las relaciones entre elementos ... En los casos (1) y (2), el complejo puede ser entendido como suma de elementos considerados aisladamente. En el caso (3), no sólo hay que conocer los elementos, sino también las relaciones entre ellos. Características del primer tipo pueden llamarse sumativas, y constitutivas las del segundo. También podemos decir que las características sumativas de un elemento son aquellas que son las mismas dentro y fuera del complejo; se obtienen, pues, por suma de características y comportamiento de elementos tal como son conocidos aisladamente. Las características constitutivas son las que dependen de las relaciones específicas que se dan dentro del complejo; para entender tales características tenemos, por tanto, que conocer no sólo las partes sino también las relaciones. (L. von Bertalanffy, 1976, 54-55).

Estos tres sectores sucintamente desarrollados pueden aplicarse al estudio de aspectos de la investigación biológica tan variados como la homeostasis, el equilibrio dinámico, la selección, el cambio de la estructura genética de las poblaciones, la cinética de las enzimas, las tasas de natalidad y mortalidad, la epidemiología, etc.

¿Qué particularidades diferenciales ofrece la obra de Woodger? Hay dos tipos, quizá tres, de posibles argumentos esclarecedores. En primer lugar Woodger trabaja con la Lógica como procedimiento de cálculo. Lo deja dicho en comparación con la Física y la Química:

Con seguridad no es accidental que las dos ciencias que poseen más alto grado de desarrollo son las dos que más uso han

hecho de lenguajes simbólicos. Me refiero, sin lugar a dudas, a la Física y a la Química. Parece razonable suponer que la investigación de ecuaciones químicas ha jugado un importante papel en el desarrollo de la Química. Y estas ecuaciones, a diferencia de las de la Física, no son ecuaciones matemáticas, puesto que contienen símbolos que no pertenecen al vocabulario de la Matemática. En una ulterior discusión someteré a la consideración del lector algunas ecuaciones biológicas que, por la misma razón, no son ecuaciones matemáticas. Entre las cosas que la obra de Boole, Frege y sus seguidores pueden hacer por nosotros, figura el suministro de una guía para la construcción de tales lenguajes científicos. (J.H. Woodger, 1978, 19).

Por ejemplo, la descripción de la segregación gamética no la desarrolla con teoría de probabilidades, ni la posible variación en el tiempo de un bionte con un sistema diferencial que contemple cuantificados los componentes genético y ambiental. Su cálculo es lógico, no matemático, lo cual, a pesar de su concepto de bionte, a mi juicio emparejado intencionalmente con el de sistema vivo, hace que ya encontremos una primera diferencia con la teoría de sistemas de von Bertalanffy, al menos —ya lo indico— en el aspecto técnico del tratamiento.

Un segundo tipo de argumento, que quizá sea un corolario del primero, es el carácter no numérico de su investigación y, puede que por ello, uno de los aspectos más rotundamente renovadores en el trabajo de indagación teórica en Biología. Respecto del trabajo no numérico dice Quine:

Cuando el número carece de importancia la técnica matemática ha tendido, hasta el momento, a estar ausente. Así, el progreso de la ciencia natural ha dependido externamente del discernimiento de cantidades mensurables de un tipo u otro. Medir consiste en correlacionar el objeto con la serie de los números reales; estas correlaciones son deseables porque, una vez establecidas, toda la teoría de la matemática numérica, que está bien trabajada, se encuentra preparada y a mano co-

mo herramienta para nuestro razonamiento ulterior. Pero ninguna ciencia puede basarse enteramente sobre medidas, y además éstas se hallan fuera del alcance de muchas investigaciones científicas. Es entonces en la lógica matemática donde el científico que busca técnicas no cuantitativas encuentra esperanzas. Ella suministra técnicas explícitas para la manipulación de los ingredientes más básicos del discurso. Hay que esperar también que su contribución a la ciencia consista en una aportación de rigor y claridad, en un agudizamiento de los conceptos científicos que sirva al mismo tiempo para descubrir las consecuencias ocultas de ciertas hipótesis científicas y para evitar errores sutiles que pueden atravesarse en el camino del progreso científico. (W. van Orman Quine, 1972, 26).

Otros programas de interpretación teórica basados en la utilización de la Lógica y su cálculo, provienen más directamente de reflexiones metodológicas en las ciencias respectivas y la explicación desde el puesto de las Filosofías de las Ciencias; es lo que ocurre especialmente en la Física, o incluso en la propia Biología cuando es objeto de tratamiento filosófico. Pero Woodger, el cual asume totalmente la terminología de los *Principia Mathematica* se atreve a la reformulación de conceptos biológicos a partir de o desde la perspectiva de conceptos tales como los de relación de parte, precedencia en el tiempo, de clase de equivalencia, etc. Ello le permite la génesis de otros más directamente vinculados ya con la Biología, tales como los de bionte —aunque éste lo introduce primero con referencias extralógicas—, tétrada genética, familia fenotípica, ambiente, sistema homogéneo y afines, etc.

Este procedimiento tiene un carácter especialmente innovador en Biología, sobre todo cuando el precedente teórico, o incluso la simple formulación de modelos matemático-biológicos no era muy elevado. Imaginemos la situación del momento, la actitud de la Biología ortodoxa frente a un programa que era teórico, ya de por sí siempre criticado en Biología como inoperante, y de un carácter más algebraico, en el sentido de fundamentador y básico, que de posible conjunto de modelos de explicación de fe-

nómenos vitales concretos. El carácter empírico de la investigación biológica se ha visto frente a un tipo de investigación que, como Woodger pretende, se centra en el análisis de la estructura lógica subyacente a los términos y procedimientos de la investigación biológica, así como en la posibilidad de fundamentar lógicamente conclusiones cuya derivación es difícil efectuar sin un procedimiento riguroso.

Su sorprendente opinión de que la teoría de la evolución no se agota con el tratamiento matemático-cuantitativo efectuado fundamentalmente por Haldane, Fisher y Wright es ilustrativo de su reivindicación de una comprensión del más interesante fenómeno dentro de la biología —el evolutivo— desde un sistema de análisis peculiar. ¿Cuál sistema?: el que ya había sido propuesto desde Leibniz, Boole o Frege:

Cuando se publicó la primera obra de Boole, habían transcurrido 131 años desde la muerte de Leibniz; y luego hubieron de transcurrir otros 32 antes de que Frege publicase su *Begriffsschrift*. Hoy día, 234 años después de la muerte de Leibniz, parece más que llegado el momento de que empecemos a hacer uso de la obra de esos hombres y de sus sucesores, con vista a la “búsqueda de demostraciones” en Biología. Este apéndice mostrará cómo es posible realizar un tal comienzo en lo referente a problemas relativos a la evolución. (J.H. Woodger, 1978, 154).

Aún disponemos de un tercer tipo de argumento diferencial y que es uno de los intentos más prometedores de unificación de terrenos terminológicos y semánticamente dispares, al menos en el seno de la Genética —como son la Genética molecular, la Citogenética, la Genética mendeliana, la Genética del desarrollo y la Genética de poblaciones. Este intento unificador parte de un procedimiento lógico-axiomático y nos introduce en la posibilidad de un tratamiento análogo sobre la materia objeto de la Biología en general.

Este intento no es algo intrascendente. Tiene formas peculiares de tratar cuestiones que son dificultades obvias en la investigación genética tradicional. Por ejemplo admite la necesidad de que el cambio de un bionte a otro alejado de él de acuerdo con su

definición contemple componentes ambientales, ya implícitos en la definición de bionte integrado en una familia fenotípica concreta. Incluso la consideración del individuo en respuesta a un componente ambiental que le es intrínseco, no externo, nos presenta el tratamiento del problema evolutivo desde una perspectiva descriptiva de una manera especial. De la misma manera, el ambiente cobra un valor importante en su trabajo al situar la identidad ambiental de dos biontes consecutivos como una mera hipótesis no exenta de paradojas en el terreno de la constatación experimental. Aunque no extenderemos este tema, comenta al respecto:

Cuando escribimos $E_X(K) \subseteq K$ no estamos haciendo un enunciado causal físico, sino expresando meramente la hipótesis de que $E_X(K)$ se asemejará a K en sus efectos biológicos. Estamos expresando la expectación de que d tendrá al menos el mismo efecto sobre e que b tiene sobre c . No es sorprendente, por tanto, que algunas veces no se cumpla esta expectación. Deberíamos esperar que las predicciones genéticas que envuelven $E_X(K)$ sean algunas veces contradichas por los hechos. (J.H. Woodger, 1978, 103).

Aquí b y d son los ambientes respectivos de c y e , siendo c el antecesor genético inmediato de e , así como $E_X(K)$ y K los espacios ambientales específicos de e y c donde se supone fijada —identidad en la sucesión— la función genética X .

Su intento axiomático puede ser erróneo, al menos en cuanto lleve implícito unas interpretaciones que no concuerden con las referencias factuales que surgen de la investigación moderna. No obstante, y frente a otros tipos de sistemas teóricos, se trata de una labor desde la base y siguiendo un proceso rigurosamente deductivo, tratando de desarrollar una teoría biológica propiamente, lo que se demuestra por el continuo recurso a las definiciones con independencia deductiva de los axiomas previos, lo que por otra parte hace agotador el sistema y demuestra que aún no se conocen procedimientos lógicos para no introducir muchas de las definiciones biológicas, sino más bien derivarlas.

El sistema lógico axiomático de Woodger no agota las posibilidades de la investigación teórica desde una perspectiva lógico-

axiomática. Veamos algunos de los motivos. a) En primer lugar la estructura lógico-axiomática puede modificarse si los objetos de la Biología se encuentran mejor interpretados utilizando alguna o algunas constantes lógicas de distinta composición semántica a las utilizadas por el autor. Nos referimos lógicamente a la cuestión de las denominadas "lógicas divergentes". b) En segundo lugar la axiomática puede ser modificable, fundamentalmente en el sentido de una mayor generalización, lo que supone, ya que la Genética es un excelente campo unificador en el seno de la Biología, la introducción de elementos que permitan una mayor amplitud para poder interpretar los fenómenos evolutivos. En concreto la utilización del concepto de población como sistema, lo cual podría significar una unidad de trabajo que difiere en su interpretación del de familia fenotípica —esta idea esboza la posibilidad de trabajar en un campo no puesto de manifiesto expresamente por Woodger, al menos eso creemos. Esta utilización no es arbitraria si, comprendiendo las limitaciones del anterior concepto, sabemos también el valor evolutivo de la población. c) Un tercer apartado que casi resulta contraproducente respecto del anterior. Hemos de preguntarnos si Woodger concretiza su sistema, es decir: si a pesar de sus continuas referencias a fenómenos y observaciones biológicas introducidas en forma de definiciones, queda aún muy alejado del campo de los resultados concretos —en el supuesto de que éste fuera su propósito—, o mejor, si sus teoremas pueden dar respuesta a problemas concretos como algunas teorías matematizadas ya afincadas en Biología pueden hacerlo. Esta tensión, cuya resolución está vinculada a las propias cualidades del método y a las aspiraciones del propio investigador, entre universalismo y concreción se hace manifiesta en la obra de J.H. Woodger.

REFERENCIAS

- BERTALANFFY, L. von (1976), *Teoría general de los sistemas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- GREGG, J.R. and F.T.C. HARRIS, edits. (1964), *Form and Strategy in Science*. Dordrecht-Holland: D.Reidel Publ. Co.
- MAYNARD SMITH, J. (1977), *Ideas matemáticas en Biología*. México: C.E.C.S.A.
- PARZEN, E. (1972), *Procesos estocásticos*. Madrid: Paraninfo.
- QUINE, W.V. (1972), *Lógica matemática*. Madrid: Rev. de Occidente.
- SOKAL, R.R. y F.J. ROHLF (1979), *Biometría*. Barcelona: Blume.
- WOODGER, J.H. (1978), *Biología y lenguaje*. Madrid: Tecnos.