

RELACIONES ONTOLOGICAS, METODOLOGICAS Y EPISTEMOLOGICAS
ENTRE LA BIOLOGIA Y LA FISICA.

Francisco J. Ayala.

1. Significados diversos del reduccionismo biológico.

La filosofía de la ciencia está sumamente interesada en las relaciones que existen entre la biología y las ciencias fisicoquímicas y entre los organismos y la materia inorgánica. En los últimos años se han dedicado al análisis de esas relaciones un considerable número de artículos, libros y simposia (véase, por ejemplo, Koestler y Smithes, 1969; Ayala y Dobzhansky, 1974). Los temas en discusión se han visto algunas veces englobados bajo la denominación de "el problema del reduccionismo", o "el problema de la reducción", siendo pocos los problemas filosóficos que hayan merecido tanta discusión en los últimos años, por lo menos entre los científicos. Sin embargo, estas discusiones involucran asuntos de diversa índole, que no siempre se distinguen adecuadamente.

Las cuestiones sobre la relación entre la biología y las ciencias físicas se plantean por lo menos en tres contextos, a los que podemos denominar 'el dominio ontológico', 'el dominio metodológico' y el 'dominio epistemológico'. Procederé primero a identificar la problemática de cada dominio para pasar a continuación a considerar a cada uno de ellos en particular.

Los problemas de reduccionismo surgen, en primer lugar, en lo que puede ser llamado el dominio ontológico, estructural o constitutivo. Se trata aquí de la cuestión de si acaso las entidades y los procesos fisicoquímicos son subyacentes a todos los fenómenos propios de la materia viva. ¿Están constituidos los organismos por los mismos componentes que forman el mundo inorgánico? ¿O es tal vez acaso que en los organismos existen otras entidades, distintas a las moléculas, átomos y partículas subatómicas? Otras preguntas relacionadas con las anteriores son las siguientes: ¿Son los organismos meros agregados de átomos y moléculas? ¿Tienen los organismos propiedades distintas a las propiedades de los átomos y moléculas que los constituyen?

En segundo lugar, existen preguntas de índole reduccionista que pueden ser llamadas metodológicas, de procedimiento, o estratégicas. Estas cuestiones tienen que ver

con la estrategia de la investigación y con la adquisición de conocimientos, con los procedimientos que se deben seguir al investigar los seres vivos. La pregunta de orden general en este contexto es sobre si un problema biológico dado deberá siempre investigarse a través del estudio de los procesos, en última instancia físicos, que le son subyacentes, o si los problemas biológicos deberán estudiarse también en niveles más altos de organización, como los representados por la célula, el organismo, la población o la comunidad.

El tercer tipo de preguntas reduccionistas se refiere a tópicos que pueden llamarse epistemológicos, teóricos o explicativos. Aquí, la cuestión fundamental es sobre si las teorías y las leyes de la biología pueden o no derivarse de las leyes y teorías de la física y de la química. En otras palabras, el reduccionismo epistemológico encara el problema de si la biología puede ser considerada o no como un caso particular de la física y de la química, y por lo tanto, si se justifica o no que se la considere como una ciencia autónoma.

La distinción entre los distintos tipos de problemas que se plantean en las discusiones sobre el reduccionismo es un primer paso hacia su resolución. Buena parte de la disputa y de la confusión existentes derivan de que no se ha identificado previamente cual es el dominio del reduccionismo que corresponde para cada caso. Así por ejemplo, no es raro advertir que un reduccionista preocupado principalmente por los aspectos ontológicos, acuse de vitalista a un colega que se proclama a sí mismo como antirreduccionista, aún cuando éste último sea antirreduccionista sólo en un sentido epistemológico, y no en el sentido ontológico.

2. El reduccionismo ontológico.

En el dominio ontológico, la forma más extrema de la controversia reduccionismo-antirreduccionismo expresa la antinomia mecanicismo versus vitalismo. La posición mecanicista proclama que los organismos están constituidos, en última instancia, solamente de los mismos átomos que constituyen la materia inorgánica. Los vitalistas, por su parte, arguyen que los organismos no sólo están constituidos por componentes materiales (átomos, moléculas y agregados de moléculas), sino que, además, también poseen cierto tipo de entidad no material, que los distintos autores denominan de diferente manera (entelequia, fuerza vital, élan vital, energía radiante, etc.). Algunas veces se afirma que Aristóteles (384-322 A. C.), ese gran filósofo griego que también fue el mejor biólogo de su tiempo, fue el primero que expuso sistemáticamente la

doctrina vitalista. En su versión moderna, la controversia mecanismo-vitalismo se remonta al siglo XVII, cuando René Descartes (1596- 1650) propuso que los animales no son más que máquinas complejas. A comienzos del siglo XX, el vitalismo fué defendido por filósofos como Henri Bergson (1859-1941) y por algunos biólogos, entre los que se destaca Hans Driesch (1867-1941). En la actualidad, el vitalismo no cuenta con representantes dignos de mención entre los biólogos, y muy pocos, si acaso, entre los filósofos.

El vitalismo ha sido excluido de la ciencia porque no cumple con los requisitos para ser una hipótesis científica. El vitalismo no es una hipótesis que pueda ser sometida a falsificación empírica y, por tanto, no puede conducir a observaciones y experimentos fructíferos. Por otra parte, todos los hechos disponibles indican que los organismos y los procesos vitales pueden explicarse sin recurrir a entidades no materiales de existencia independiente.

El reduccionismo ontológico afirma que los organismos están compuestos exclusivamente de partes no vivientes. Ningún tipo de sustancia ni ningún residuo de otro tipo queda luego de que han sido tenidos en cuenta todos los átomos que constituyen un organismo. El reduccionismo ontológico también implica que las leyes de la física y de la química se aplican totalmente a todos los procesos biológicos en el nivel de los átomos y de las moléculas.

Sin embargo, los "reduccionistas ontológicos" no afirman necesariamente que los organismos son únicamente átomos y moléculas. La inferencia de que si alguna cosa consiste sólo de cierta otra cosa, no es nada más que esta "cierta otra cosa", es una inferencia errónea, que los filósofos llaman 'la falacia del nada más que'. Los organismos consisten exclusivamente de átomos y moléculas, pero ello no quiere decir que no son nada más que acervos de átomos y moléculas. Una máquina a vapor puede estar hecha sólo de hierro y de otros materiales, pero es algo más que esos materiales constituyentes. De la misma manera, una computadora electrónica no es sólo un conjunto informe de semiconductores, cables plásticos y otras sustancias. Los organismos están constituidos por átomos y moléculas, pero ellos son estructuras sumamente complejas, y a su vez 'estructuras de estructuras' de dichos átomos y moléculas. Los procesos vitales constituyen formas muy complejas, muy especiales y muy improbables de procesos físicos y químicos.

Un problema reduccionista muy debatido y que pertenece al dominio ontológico es el de si los organismos poseen propiedades 'emergentes' o si sus propiedades son simple-

mente las de sus componentes físicos. Por ejemplo, las propiedades fundamentales del riñón, ¿son simplemente las propiedades de los componentes químicos de ese órgano?. Debe hacerse notar, en primer lugar, que la cuestión de las propiedades emergentes no es exclusiva de la biología, sino que surge en cuanto a todos los sistemas complejos con respecto a sus partes. La formulación general de este problema es si las propiedades de un objeto de cierto tipo son simplemente las propiedades de otros tipos de objetos, -esto es, sus partes componentes- organizados de cierta manera particular.

Que los sistemas complejos posean o no propiedades emergentes es una disyuntiva espúrea, que puede resolverse a través de la definición. Consideremos la siguiente pregunta. ¿Son las propiedades de la sal común (cloruro de sodio) simplemente las propiedades del sodio y del cloro cuando ellos se asocian en la fórmula Cl Na ? Si incluyésemos entre las propiedades del sodio y las del cloro su asociación en una sal estable, y las propiedades de ésta última, la respuesta será 'sí'. En general, si entre las propiedades de un objeto incluimos las propiedades que ese objeto tiene cuando está asociado con otros objetos, se obtendrá que las propiedades de los sistemas complejos, incluyendo entre estos a los organismos, serán también las propiedades de sus partes componentes. Pero esto no pasa de ser un mero juego de definiciones que contribuye bastante poco al esclarecimiento de las relaciones entre los sistemas complejos y sus partes constitutivas.

En la práctica, no se incluyen entre las propiedades de un objeto todas las propiedades de los sistemas que surjan de su asociación con otros objetos. Y hay buenas razones para que sea así. Por mucho que se estudie exhaustivamente un objeto aislado, es en general imposible enunciar todas las propiedades que puede llegar a tener en asociación con otros objetos cualesquiera. Entre las propiedades del hidrógeno no se incluyen por lo general las propiedades del agua, del alcohol etílico, de las proteínas y de los seres humanos. Ni tampoco incluimos entre las propiedades del hierro las de las máquinas a vapor.

La cuestión de las propiedades emergentes puede también ser formulada de una manera algo diferente. ¿Es posible inferir las propiedades de un sistema complejo a partir de las propiedades conocidas de sus partes componentes cuando éstas están aisladas? Por ejemplo, ¿Es posible predecir las propiedades del benceno de lo que se conoce acerca del oxígeno, el hidrógeno y el carbón? O si nos ubicamos en un nivel más elevado de complejidad, ¿Es posible predecir el comportamiento de un guepardo en el

acto de cazar a un ciervo, a partir de lo que se conoce sobre los átomos y moléculas que constituyen a estos animales?. Pero si la formulamos de esta manera, la cuestión de las propiedades emergentes pasa a ser una cuestión epistemológica y no una cuestión ontológica. Lo que estamos preguntando ahora es si las leyes y las teorías que dan cuenta del comportamiento de los sistemas complejos pueden derivarse como consecuencias lógicas de las leyes y teorías que explican el comportamiento de sus partes componentes. Discutiremos más adelante las cuestiones del reduccionismo epistemológico.

3. El reduccionismo metodológico.

Una característica sobresaliente de los seres vivos es su complejidad de organización, ya reconocida en su denominación común de "organismos". Existe una jerarquía de niveles de complejidad que se inicia en los átomos y que se continúa en las moléculas, las macromoléculas, las organelas, las células, los tejidos, los organismos multicelulares, las poblaciones y las comunidades. Algunas disciplinas biológicas se concentran en uno o en unos pocos de estos niveles de complejidad en la organización. La citología es el estudio de la células, la histología comprende el estudio de los tejidos, la ecología estudia las poblaciones y las comunidades. Pero, sin embargo, las disciplinas biológicas se diferencian más por el tipo de preguntas que se plantean, y por lo tipos de respuestas que buscan, que por los niveles de organización que investigan.

El reduccionismo metodológico afirma que la mejor estrategia investigativa es estudiar los fenómenos vitales en niveles cada vez más bajos de complejidad, para llegar finalmente al nivel de los átomos y las moléculas. Por ejemplo, la genética debería buscar las explicaciones de los fenómenos hereditarios en términos del comportamiento y de la estructura del ADN, del ARN, de las enzimas y de otras macromoléculas, más bien que al nivel de organismos completos, que es aquél en el que se formulan las leyes de la herencia de Mendel. El reduccionismo metodológico tiene su contraparte en lo que ha sido llamado el composicionismo metodológico (Simpson, 1964). Este postula que para comprender a los organismos debemos explicar su organización, es decir, cómo los organismos y los grupos de organismos llegaron a organizarse, y qué funciones cumple dicha organización. Los organismos y los grupos de organismos deben ser estudiados, entonces, como totalidades, y no en sus partes componentes.

El reduccionismo metodológico más extremo equivaldría a la afirmación de que la investigación biológica sólo

debería llevarse a cabo al nivel de los componentes y de los procesos fisicoquímicos de la materia viva. Cualquier investigación en otros niveles, diría, carece de interés, o en el mejor de los casos, tiene carácter provisional, ya que en última instancia los fenómenos biológicos deberán ser entendidos al nivel de los átomos y de las moléculas. En su forma extrema, el composicionismo metodológico afirmaría precisamente lo contrario, es decir, que sólo vale la pena realizar investigaciones biológicas al nivel de organismos totales, de poblaciones o de comunidades. La investigación que se realiza en niveles más bajos de investigación puede ser física o química de buena calidad, pero no tiene significado biológico.

Es poco probable que haya científicos que defiendan conscientemente estas formas extremas del reduccionismo o del composicionismo que hemos enunciado en el párrafo anterior. El reduccionismo metodológico extremo llevaría, por ejemplo, a sostener la muy poco razonable posición de que las investigaciones genéticas no deberían haberse emprendido hasta el descubrimiento del papel hereditario del ADN, o que deberíamos declarar a la ecología en receso hasta que podamos investigar los procesos fisicoquímicos subyacentes a las interacciones ecológicas. De la misma manera, una posición metodológica composicionista extrema implicaría que la comprensión de la estructura del ADN y de los procesos enzimáticos involucrados en la replicación, no tiene significación alguna en el estudio de la herencia, o que la investigación de las reacciones fisicoquímicas involucradas en la transmisión de los impulsos nerviosos no es de interés para comprender la conducta de los animales.

Una posición moderada dentro del reduccionismo metodológico se apoya en el éxito del método analítico en las ciencias, y en el hecho indiscutible de que la comprensión de los procesos biológicos de cualquier nivel de organización es mucho más profunda si conocemos los procesos subyacentes. El reduccionismo metodológico moderado proclamaría que la mejor estrategia para la investigación sería la de estudiar cualquier fenómeno biológico en niveles cada vez más bajos de organización, a medida que ello vaya siendo posible, hasta alcanzar finalmente el nivel de los átomos y de las moléculas.

Las afirmaciones positivas del reduccionismo metodológico moderado son legítimas. El método analítico posee un gran valor heurístico, y frecuentemente es mucho lo que se aprende sobre un fenómeno estudiando sus elementos y procesos constitutivos. De hecho, los logros más estupendos de la biología en las últimas décadas provienen del campo de la biología molecular. Pero es escasa la justifi-

cación de cualquier afirmación exclusivista en el sentido de que la investigación siempre debe dirigirse a los estudios de los niveles más inferiores de integración. El único criterio de validez para una estrategia investigativa es su éxito. Tanto los enfoques reduccionistas como los compositonistas, los métodos sintéticos y los analíticos de investigación se justifican si contribuyen a mejorar nuestra comprensión de un determinado fenómeno, si contribuyen a aumentar el conocimiento. Los enfoques reduccionistas y compositonistas se complementan en el estudio de un problema biológico dado; a menudo, la mejor estrategia investigativa es la alternación entre el análisis y la síntesis.

La investigación de un fenómeno biológico en términos de su significado en niveles más altos de complejidad suele contribuir a la comprensión del propio fenómeno. Las investigaciones compositonistas también tienen valor heurístico. Es difícil suponer que hubiésemos llegado a conocer la estructura y las funciones del ADN tan pronto como lo fue si no hubiésemos tenido un conocimiento previo de la genética mendeliana. El problema de la especificidad de la respuesta inmune de los anticuerpos permaneció sin resolverse en forma adecuada mientras sólo se consideró la estructura de los antígenos y de los anticuerpos. La teoría de la selección natural de la función de los anticuerpos surgió solamente cuando éstos fueron considerados en su medio orgánico. Aunque la idea de la selección clonal fue al principio muy vaga y lógicamente inconsistente, tuvo un enorme valor heurístico para ayudar a comprender cómo se genera la especificidad de los anticuerpos (Edelman, 1974).

El reduccionismo y el compositonismo metodológicos implican en ciertos casos convicciones acerca de la posibilidad de la reducción epistemológica. Un reduccionista metodológico puede sostener que la investigación debe dirigirse hacia niveles cada vez más bajos de organización, porque él está convencido de que en última instancia todos los fenómenos biológicos llegarán a ser explicados por las leyes y teorías de las ciencias físicas y, por lo tanto, que el único conocimiento de valor duradero es el que se adquiere en el nivel de los átomos y de las moléculas. Un compositonista metodológico podría sostener que el reduccionismo epistemológico es imposible y, por lo tanto, que la comprensión completa de los fenómenos biológicos requiere de conocimientos sobre su significación en niveles más altos de integración. Sin embargo, existe una distinción entre el reduccionismo metodológico y el reduccionismo epistemológico. El primero se refiere a las estrategias de la investigación y de la

adquisición de conocimientos. El segundo trata de la organización del conocimiento y de las conexiones lógicas entre las teorías. Así por ejemplo, un reduccionista epistemológico podría a pesar de todo aceptar enfoques composicionistas en la investigación en virtud del valor heurístico de estos enfoques. De la misma manera, los antirreduccionistas epistemológicos proclaman con frecuencia que la investigación biológica debería conducirse en todos los niveles de integración de los sistemas vivos, incluso en los niveles atómico y molecular.

4.- El reduccionismo epistemológico.

Cuando los filósofos de la ciencia hablan del reduccionismo, no se refieren por lo general ni a cuestiones ontológicas ni a problemas metodológicos, sino que tienen en cuenta el problema de la reducción epistemológica. En la biología, el problema de la reducción epistemológica (teórica, explicativa) consiste en preguntar si puede llegar a demostrarse que las leyes y las teorías de la biología son derivables de las leyes y teorías de las ciencias físicas, como casos especiales de estas últimas.

La ciencia trata de descubrir las tramas de las relaciones que existen entre fenómenos de muy distinta índole, a fin de llegar a formular un cierto número de principios que expliquen un número grande de proposiciones atinentes a esos fenómenos. La ciencia avanza a través del desarrollo de teorías cada vez más integradoras, es decir, a través de la demostración de que teorías y leyes que hasta cierto momento parecían no estar relacionadas, pueden llegar a integrarse en una teoría unitaria de mayor generalidad. Así por ejemplo, la teoría de la herencia propuesta por Mendel puede explicar distintas observaciones relacionadas con diferentes clases de organismos, como las proporciones con que se transmiten ciertos rasgos de padres a hijos, por qué los descendientes muestran algunos rasgos heredados de uno de los padres, mientras que otros rasgos provienen del otro padre, por qué los hijos pueden poseer rasgos que no están presentes en sus padres, etc. El descubrimiento de que el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis está vinculado con los principios mendelianos hizo posible explicar muchas observaciones adicionales sobre la herencia, como por ejemplo, por qué ciertos rasgos se heredan de manera independiente, por qué otros rasgos se transmiten más frecuentemente combinados entre sí, etc. Descubrimientos ulteriores hicieron posible el desarrollo de una teoría unificada de la herencia de mayor generalidad, que da cuenta de muchas observaciones diversas, incluyendo las peculiaridades distintivas de los individuos, la naturaleza adaptativa de los organismos y

de sus caracteres, y el caracter homogéneo de la especies.

En ciertas ocasiones la conexión entre las teorías se logra a través de la demostración de que los principios de una teoría o de una rama de la ciencia pueden ser explicados por los principios de otra teoría o rama de la ciencia que posee mayor generalidad. Se dice entonces que la teoría (o rama de la ciencia) menos general, a la que se denomina teoría secundaria, ha sido reducida a una teoría más general o teoría primaria. La reducción epistemológica de una rama de la ciencia a otra tiene lugar cuando se puede demostrar que las teorías y leyes experimentales de una rama de la ciencia constituyen casos especiales de las teorías y leyes formuladas en alguna otra rama de la ciencia. La integración de diversas teorías y leyes científicas en un cuerpo teórico de mayor generalidad simplifica a la ciencia y extiende el poder explicativo de los principios científicos, cumpliendo así con uno de los objetivos del conocimiento científico. Las reducciones epistemológicas son de gran valor para la ciencia, ya que, como casos especiales de la integración de las teorías, contribuyen en buena medida al avance del conocimiento científico.

La historia de la ciencia ofrece muchos casos de la reducción de una teoría, o incluso de toda una rama de la ciencia, a otra de mayor generalidad (Nagel, 1961; Popper, 1974). Uno de los ejemplos más elocuentes lo constituye la reducción de la termodinámica a la mecánica estadística, que fue posible gracias al descubrimiento de que la temperatura de un gas es un reflejo de la energía cinética media de sus moléculas. Varias ramas de la física y de la astronomía han sido unificadas en gran medida a través de su reducción a unas pocas teorías de mayor generalidad, como la mecánica cuántica y la relatividad. Un gran sector de la química se redujo a la física después de haberse demostrado que la valencia de un elemento guarda una relación simple con el número de electrones en el orbital externo del átomo. Ciertas partes de la genética han sido reducidas hasta cierto punto a la química luego del descubrimiento de la estructura y del modo de replicación del material hereditario, el ADN.

Los notables éxitos que estas reducciones han tenido, y particularmente los logros espectaculares de la biología molecular, han llevado a algunos autores a proclamar que el ideal de la ciencia es la reducción de todas las ciencias naturales, incluyendo a la biología, a una teoría física integradora que proporcionaría un conjunto común de principios de máxima generalidad capaces de explicar todas las observaciones acerca de los fenómenos naturales. Algunos autores han ido tan lejos en este sentido como

para afirmar que la única investigación biológica digna de ser continuada es aquella que contribuya a la explicación de los fenómenos biológicos en términos fisicoquímicos.

Nagel (1961) formuló las dos condiciones que son necesarias, y en su conjunto suficientes, para que se pueda efectuar la reducción de una teoría o rama de la ciencia a otra. Son estas las condiciones de derivabilidad y de conectabilidad. La reducción epistemológica tiene lugar cuando se demuestra que las leyes experimentales y las teorías de una rama de la ciencia son casos especiales de las leyes experimentales y de las teorías de alguna otra rama de la ciencia. La condición de derivabilidad establece simplemente que para reducir una rama de la ciencia a otra es necesario demostrar que las leyes y teorías de la ciencia secundaria pueden derivarse como consecuencias lógicas de las leyes y teorías de la ciencia primaria.

No puede haber ningún término en la conclusión de un argumento demostrativo que no aparezca en las premisas. La reducción de una teoría en otra toma la forma de un argumento deductivo en el cual una de las premisas es la teoría primaria, y la conclusión es la teoría secundaria. Para que la deducción sea lógicamente válida debe existir otra premisa que establezca la conexión entre los términos de la teoría primaria y los términos de la teoría secundaria. En esto consiste la condición de conectabilidad. Por lo general, las leyes experimentales y las teorías de una rama de la ciencia contienen términos que le son propios y que no aparecen en otras ramas de las ciencias. Para llevar a cabo una reducción epistemológica es necesario que se establezcan conexiones apropiadas entre los términos de la ciencia secundaria y los que se emplean en la ciencia primaria. Esto puede llevarse a cabo redefiniendo los términos de la ciencia secundaria sobre la base de los términos de la ciencia primaria. La reducción de la termodinámica a la mecánica estadística requirió la definición del término 'temperatura' a través de términos como 'energía cinética'. La reducción de las teorías o las leyes experimentales de la genética a la fisicoquímica requiere que palabras como 'gen' y 'cromosoma' sean definidos por medio de palabras como 'enlace de hidrógeno', 'nucleótido', 'ácido desoxirribonucleico', 'proteína histónica', etc. Toda vez que se satisfagan las condiciones de conectabilidad y de derivabilidad, la reducción de una teoría a otra se torna lógicamente posible. Si todas las leyes experimentales y las teorías de una rama de la ciencia pueden ser reducidas a las leyes experimentales y a las teorías de otra rama de la ciencia, la primera de estas ciencias habrá sido completamente

reducida a la segunda.

Merece recalcar que la reducción epistemológica no se refiere al problema de si las propiedades de una cierta clase de objetos, como los organismos, son el resultado de las propiedades de otra clase de objetos, como las partes constituyentes de los organismos. Este problema es un asunto del reduccionismo ontológico, que debe resolverse por una convención sobre qué es lo que debe ser incluido entre las propiedades de las partes constituyentes. La reducción de una ciencia a otra se refiere más bien a la derivación de un conjunto de proposiciones a partir de otro conjunto de proposiciones. Las leyes científicas y las teorías consisten en proposiciones sobre el mundo natural. El problema de la reducción epistemológica sólo puede ser resuelto a través de investigaciones concretas sobre las consecuencias lógicas de las proposiciones, y no a través de la discusión sobre la naturaleza de las cosas y de sus propiedades.

De los comentarios anteriores surge que los problemas de la reducción epistemológica sólo pueden obtener respuestas apropiadas a través de referencias concretas al estado actual del desarrollo de las correspondientes disciplinas. Ciertas partes de la química se redujeron a la física después del desarrollo de una teoría moderna de la estructura atómica, hace medio siglo. Tal reducción no podría haberse llevado a cabo antes de que se desarrollase esa teoría. Si la reducción de una ciencia en otra es imposible en el estado actual del desarrollo de dos disciplinas determinadas, resulta de poco valor postular que esa reducción será posible en el futuro, puesto que tal afirmación depende del posible desarrollo de teorías que todavía no existen.

Existen ciertas posiciones extremas sobre la cuestión del reduccionismo epistemológico que pueden refutarse rápidamente. Algunos vitalistas contumaces han proclamado que la biología es irreducible en principio a las ciencias físicas porque los fenómenos vivientes son la manifestación de principios inmatrimales, como fuerzas vitales, entelequias, etc. El antirreduccionismo epistemológico se predica así sobre las bases de un antirreduccionismo ontológico. El vitalismo no es una hipótesis empírica porque no conduce a la posibilidad de su falsificación empírica. Además, el origen, la estructura y las funciones de los organismos pueden ser explicados sin ninguna necesidad de recurrir a principios o a componentes no materiales.

En el otro extremo del espectro estaría la afirmación de que la reducción epistemológica de la biología a las ciencias físicas no sólo es posible, sino que constituye

la tarea más importante de los biólogos contemporáneos. Los éxitos espectaculares de la biología molecular de las últimas décadas han llevado a algunas personas a afirmar que las únicas investigaciones biológicas válidas y genuinamente científicas son las que conducen a explicar los fenómenos biológicos en términos de sus componentes y procesos fisicoquímicos subyacentes. Sin embargo, ese programa no puede llevarse a cabo en el presente. En el estado actual del desarrollo científico, una gran cantidad de términos biológicos, como 'órgano', 'especie', 'conciencia', 'tendencia al apareamiento', 'adecuación biológica', 'competencia', 'depredador', y muchos otros, no pueden ser definidos de manera adecuada en términos fisicoquímicos. Tampoco existen los tipos de enunciados y de hipótesis de la física y de la química a partir de los cuales podría ser posible derivar lógicamente todo tipo de ley biológica. En consecuencia, no se satisfacen ni la condición de conectabilidad ni la de derivabilidad, siendo que estas dos condiciones son necesarias para realizar la reducción epistemológica.

Es probable que una buena parte de los biólogos compartan una posición reduccionista moderada. Se afirma que aun cuando no se pueda efectuar en la actualidad una reducción de la biología a la fisicoquímica, dicha reducción es posible en principio y constituye un objetivo al que sin duda hay que tender a alcanzar. Esta forma moderada de reduccionismo epistemológico se basa a menudo sobre una fuerte creencia en el reduccionismo ontológico. Los biólogos aceptan por lo general que los seres vivos están solamente constituidos por componentes físicos. Pero ello no significa que los organismos no sean nada más que sistemas físicos. El reduccionismo ontológico no presupone un reduccionismo epistemológico. No se sigue del hecho de que los organismos no estén constituidos más que de átomos y moléculas, que el comportamiento de los organismos puede ser explicado exhaustivamente por las leyes propuestas para explicar el comportamiento de los átomos y de las moléculas.

La afirmación de que la reducción de la biología a la fisicoquímica terminará por ser posible presupone el advenimiento de adquisiciones científicas no especificadas, y que por el momento son también inespecificables. Se trata entonces de una posición que no puede ser defendida razonable y convincentemente. Además, existen motivos para creer que nunca será posible una reducción completa de la biología a la fisicoquímica. Popper ha demostrado que ningún caso importante de reducción epistemológica (incluyendo casos tan ejemplares como el de la reducción de la termodinámica a la mecánica estadística) "ha llegado a ser

completamente exitoso: casi siempre queda un residuo no resuelto aún en los intentos más exitosos de reducción" (Popper, 1974 : 260; véase también Hull, 1974). Pero ello no significa que los biólogos no deban intentar reducir sus teorías a las de las ciencias físicas, cuando haya razones para pensar que esa empresa puede ser exitosa. Por el contrario, las reducciones epistemológicas constituyen las formas más exitosas de la explicación científica. Ellas entrañan una gran enseñanza, aún cuando sean incompletas, ya que su éxito parcial permite adquirir una mayor comprensión, y su fracaso parcial permite plantear nuevos problemas importantes (Popper, 1974). En la biología, la reducción de la genética mendeliana a la genética molecular está lejos de haber sido completa (Hull, 1974), a pesar de lo cual poca duda puede haber sobre lo mucho que se ha aprendido a través de lo logrado hasta el presente.

Algunos autores han afirmado que la reducción de la biología a la física y a la química es imposible en principio, ya que las disciplinas biológicas utilizan tipos de explicación que no se encuentran en las ciencias físicas (Simpson, 1964; Ayala, 1968). Se suele mencionar que las explicaciones históricas distinguen a las ciencias biológicas y a las ciencias sociales. Este tipo de explicaciones desempeñan un papel en la teoría de la evolución, aunque dicha teoría se ocupa principalmente de la explicación causal de los procesos evolutivos. Sin embargo, las explicaciones históricas también se encuentran en ciertas ciencias físicas, como la astronomía y la geología. Por otra parte, y como lo expresara en otra parte (Ayala, 1968, 1977) las explicaciones de tipo teleológico son pertinentes en la biología, pero no parecen ser ni necesarias ni pertinentes para dar cuenta de fenómenos físicos naturales.

Departamento de Genética
Universidad de California (Davis)

5.- Bibliografía.

Ayala, F. J. 1968. "Biology as an autonomous science". Amer. Sci. 56 : 207-221.

-----, 1977. "Philosophical issues". En Dobzhansky, T., F. J. Ayala, G.L. Stebbins, and J. W. Valentine, Evolution, pp. 474-516. Freeman, San Francisco.

-----, and T. Dobzhansky, eds. 1974. Studies in the philosophy of Biology. Macmillan, London, and University of California Press.

Edelman, G. M. 1974. "The Problem of molecular recognition by a selective system". En F.J. Ayala and T. Dobzhansky, eds., Studies in the philosophy of biology, Macmillan, London.

Hull, D. 1974. Philosophy of Biological Science. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Koestler, A. and J. R. Smithies. 1969. Beyond reductionism. Hutchinson, London.

Nagel, E. 1961. The structure of science. Harcourt, Brace and World, New York.

Popper, K. R. 1974. "Scientific reduction and the essential incompleteness of all science". In F.J. Ayala and T. Dobzhansky, eds., Studies in the philosophy of biology. Macmillan, London.

Simpson, G. G. 1964. This view of life. Harcourt, Brace and World, New York.