

Por publicarse en portugués en Antología compilada por Paulo Abrantes, 2010.

REDUCCIONISMO EN BIOLOGÍA

Una tomografía de la relación biología-sociedad *¹

Sergio F. Martínez

Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM

1. Introducción. El tema del reduccionismo se asocia con discusiones de muy diverso tipo que pueden encontrarse a todo lo largo y lo ancho de la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia. Pueden distinguirse varios tipos de propuestas respecto a lo que es el reduccionismo. Usualmente en filosofía de la ciencia se distingue entre tres tipos de propuestas diferentes. Por un lado se habla del reduccionismo como una tesis metafísica, por otro como una tesis sobre la naturaleza de las explicaciones científicas y en tercer lugar se habla del reduccionismo como un programa de investigación. Estos tres tipos de tesis se relacionan entre sí de manera estrecha, pero es útil distinguirlos inicialmente para poder entender aspectos importantes de las discusiones sobre el tema del reduccionismo.

El reduccionismo se entiende como una **tesis metafísica** de varias maneras, pero para nosotros es suficiente entender este sentido de reduccionismo como intentos por desarrollar la tesis fisicalista según la cual todos los hechos están fijados por los hechos físicos (algo que muchas veces se le conoce como relación de superveniencia). Más en general, la idea es que los hechos de los que trata la ciencia son de un mismo tipo, o por lo menos pueden descomponerse en hechos de un mismo tipo.²

En otras discusiones el reduccionismo se entiende como una **tesis sobre la naturaleza de las explicaciones científicas**. Hay varias maneras de formular este tipo de tesis. De acuerdo a una tesis desarrollada por el empirismo lógico de mediados del siglo XX las explicaciones científicas son argumentos. Una versión muy famosa de este modelo de explicación es el modelo ND desarrollado sobre todo por Hempel y Nagel. Una explicación ND es un argumento deductivo en el que las premisas incluyen por lo menos una ley universal y la conclusión es lo que se quiere explicar (el explanandum). De acuerdo al empirismo lógico las explicaciones utilizadas en las diversas disciplinas científicas tendrían que poder reformularse como explicaciones ND. Por ejemplo, las

¹ Le agradezco a Paulo Abrantes sus comentarios a una primera versión de este trabajo.

² Esta manera de caracterizar la tesis metafísica es muy escueta, pero suficiente para nuestros propósitos, dado que lo que nos va a interesar es como ciertas versiones de la tesis entran a formar parte de otras versiones de la tesis reduccionista, lo que ha llevado a muchos filósofos a sugerir que la elaboración de esta tesis metafísica es el núcleo de la discusión sobre reduccionismo. Por razones que quedan claras adelante nosotros pensamos que esto no es el caso. La tesis metafísica no es independiente de la manera como entendemos otras tesis reduccionistas.

explicaciones funcionales (el tipo de explicación que apela al poder explicativo que tiene, por ejemplo, la función de un órgano o de un dispositivo) tan utilizadas en las ciencias sociales y la biología deberían de poder reformularse como derivaciones a partir de leyes generales. En biología evolucionista, por lo menos usualmente, se entiende que esto implica que se hace referencia a tipos de cosas que son el producto de una etiología evolucionista, y entonces se presenta el desafío de cómo reformular la explicación en términos de leyes y condiciones iniciales como lo requiere el modelo ND. Dentro de este marco de ideas se desarrolló una versión muy influyente del reduccionismo explicativo según la cual cualquier explicación en la ciencia tiene que poder reformularse como una explicación nomológico-deductiva (ND). Ernest Nagel escribió varios trabajos en los que trataba de llevar a cabo tal proyecto (en particular Nagel 1979). Este tipo de reformulación tendría que llevarse a cabo con todas aquellas explicaciones que consideramos deberían contar como “científicas”. Hempel por su parte escribió diversos textos tratando de hacer ver como las explicaciones utilizadas en la historia pueden reformularse como explicaciones ND, y por lo tanto pueden, en esa medida, ser consideradas científicas. Tanto Hempel como Nagel consideraban que en general, toda explicación en la ciencia podía, en última instancia, analizarse en términos del modelo de explicación ND. Esto sirvió de base a una formulación precisa de un programa reduccionista en la medida que permitía establecer los criterios que debería satisfacer cualquier relación de reducción entre dos teorías. Una teoría se reducía a otra en la medida que los términos teóricos de la primera eran definibles y sus leyes derivables, en la segunda.

Por diferentes razones las propuestas del empirismo lógico ya no son consideradas satisfactorias. Y en la medida que se han propuesto otras se han desarrollado formas alternativas de modelar la reducción como una relación entre teorías. Pero quizás el tipo de reduccionismo explicativo más conocido y más desarrollado como alternativa a las propuestas lógico-empiristas está asociado con el mecanicismo entendido como un modelo explicativo. Hay dos versiones del mecanicismo como modelo explicativo. Ambas versiones pueden encontrarse en Descartes ya sugeridas (implícitamente) en discusiones de la tesis del “hombre-máquina”. En su primera versión el mecanicismo consiste en la idea que las leyes que rigen la relación parte-todo de los mecanismos, que Descartes identificaba con las leyes de la física, podían explicar las propiedades de todas las cosas materiales, incluyendo los seres vivos.

Así, en la medida que los fenómenos empíricos se considera que son el producto de diversos mecanismos explicables por las leyes de la física, una manera de entender el mecanicismo es como una propuesta de reducción de los fenómenos empíricos a las leyes de la física. La famosa tesis de Galileo de que el libro del universo estaba escrito en el lenguaje de las matemáticas también apunta hacia un reduccionismo de este tipo. Es un tipo de reduccionismo asociado con el desarrollo del newtonianismo como modelo explicativo y en particular, con la idea de que la ciencia trata en última instancia de identificar las leyes universales que describen los procesos del mundo. El modelo nomológico deductivo (ND) de las explicaciones puede verse como una continuación de esta idea.

Desde Descartes, sin embargo, esta idea se confunde y se promueve al mismo tiempo que la idea mecanicista de que los diferentes sistemas del mundo son mecanismos-máquinas que sólo difieren en su complejidad. Desde esta perspectiva los

fenómenos del mundo son el resultado de procesos de interacción entre esos mecanismos. A este tipo de mecanicismo le podemos llamar fenoménico. Desde un punto de vista epistémico la propuesta nomológica-mecanicista y la fenoménica-mecanicista son independientes; podría o no haber leyes universales y de todas maneras podría ser que pudiéramos entender todo fenómeno como una interacción compleja de mecanismo-máquinas, cada uno de los cuales está compuesto de partes cuyo funcionamiento explica el comportamiento del todo. El mecanicismo nomológico ha sido muy importante en el desarrollo de la física teórica, y sobre todo en el desarrollo de la idea de que la física puede darnos una *teoría de todo*. Mientras que la idea mecanicista ha sido muy importante en el desarrollo de la ciencia experimental.

Harvey en sus famosos trabajos sobre la circulación de la sangre comparaba el sistema circulatorio con un sistema de tuberías y al corazón con una bomba que hacía circular la sangre. El funcionamiento de un organismo vivo desde esta perspectiva se entiende como un mecanismo complejo hecho de partes que en última instancia obedecen a leyes mecánicas. Esta es la base sobre la cual se inicia la fisiología experimental.

Otra manera usual de entender el reduccionismo es como un **programa de investigación**. Desde esta perspectiva el reduccionismo es un proyecto por entender la ciencia como un tipo distintivo de actividad o conocimiento, y por lo tanto busca dar cuenta de la manera como la ciencia se articula en unidades epistémicas que deben de ser el foco del análisis filosófico. Usualmente estas unidades se asume que son teorías, pero pueden ser también prácticas o tradiciones. En mayor o menor grado, dependiendo como se entiendan estas unidades y en particular como se entienda lo que es una teoría o una práctica este tipo de reduccionismo va a ir acompañado de supuestos ontológicos que no pueden entenderse desde la perspectiva de un reduccionismo metafísico centrado en el fisicalismo. En Carnap, por ejemplo, el reduccionismo se pensaba como un programa dirigido a dar cuenta de la unidad de la ciencia a través de la aceptación de un lenguaje fisicalista como lenguaje universal de la misma; el lenguaje fisicalista era aquel en el que todo conocimiento científico debería de formularse. Carnap intenta mostrar en un famoso artículo de 1932 cómo incluso todo enunciado psicológico podía ser formulado en ese lenguaje (Carnap 1932). Una serie de objeciones al proyecto de Carnap hicieron que ese proyecto se abandonara.

Utilizando la distinción de Frege entre sentido y referencia, varios autores han propuesto (a partir de los años cincuenta del siglo pasado) reformular el programa reduccionista como un programa basado en la idea de que la ciencia comparte referentes, aunque esa referencia se haga a través de oraciones que tienen significados diferentes. Por ejemplo, el dolor puede verse como idéntico con el proceso neuronal de la activación de fibras C si resulta que de hecho diferentes expresiones que se refieren al dolor se refieren al mismo tipo de proceso o hecho. En un libro reciente, Bickle sugiere que las neurociencias contemporáneas se guían por un programa reduccionista en tanto que sólo explicaciones a nivel molecular son realmente explicativas (Bickle 2003). En el caso de Bickle, como en el caso de muchos otros reduccionistas, el reduccionismo como programa de investigación viene asociado con un reduccionismo explicativo que articula una tesis metafísica con el programa de investigación.

Si como algunos autores hoy en día sostienen, diversas explicaciones científicas, y en particular en la biología, no pueden entenderse como explicaciones cuyo poder explicativo proviene de la posibilidad de derivar lo que se quiere explicar de leyes

universales, entonces el programa reduccionista tiene que hacerse depender de algún otro tipo de ontología que lo sustente. Esto es, si las explicaciones a nivel molecular no se distinguen ontológicamente por su derivación de leyes universales (propias del nivel molecular), entonces se requiere alguna forma de identificar las explicaciones genuinas y esto requiere supuestos ontológicos de algún tipo. Usualmente este otro tipo de ontología es alguna propuesta respecto a la ubicuidad y capacidad explicativa de mecanismos.

1.1. Mecanismos fenoménicos, o qué es un reloj? Esclarecer una propuesta de lo que es un programa mecanicista que no descansa en el poder explicativo de leyes irrestrictas, a lo que llamaremos mecanicismo fenoménico no es, sin embargo, fácil de articular. ¿Cómo podemos caracterizar un mecanismo de una manera suficientemente general, sin apelar a leyes irrestrictas (universales), de tal forma que se pueda dar cuenta de las explicaciones en diferentes tipos de ciencia como sustentadas en mecanismos? A primera vista puede parecer obvio. Nótese que este tipo de reduccionismo implícitamente requiere que la tesis metafísica de fondo ya no consista en la reducción a hechos físicos sin más, sino que la reducción se entiende tiene lugar respecto a “mecanismos”. Desde Descartes se ha pensado que un mecanismo puede caracterizarse por principios de organización espacial. La idea es que un mecanismo tiene partes que se mueven de manera coordinada en un espacio confinado, y que esas partes tienen la capacidad de mantener esa organización espacial a través del tiempo. Un reloj tradicional mecánico es un ejemplo de mecanismo en ese sentido. Pero para empezar, no es claro que un reloj tenga que ser un reloj “tradicional mecánico”, y por lo tanto, no es claro como podemos establecer criterios suficientemente generales como para sustentar el poder explicativo de un mecanismo al que le atribuimos la función de decirnos la hora a partir del supuesto de organización espacial (sin asumir leyes universales que sustentarían en último término ese poder explicativo).

Es posible que un reloj funcione con partes que van en un satélite alrededor de la luna y otras en un satélite alrededor de la Tierra. Este es un “mecanismo” posible, pero en este caso no se cumple el requisito de coordinación espacial. Por supuesto en este caso particular sería fácil modificar lo que entendemos por organización espacial de manera tal que podamos explicar el mecanismo en cuestión como sustentado en organización espacial. Por ejemplo, las partes alrededor de la luna por un lado y las partes alrededor de la Tierra por el otro cumplen el requisito de organización espacial. Pero lo difícil es formular principios que den cuenta de la diversa variedad de situaciones que parecen alejarse de casos paradigmáticos como “un reloj tradicional”. La manera como modificaríamos la idea de organización espacial en el caso anterior no es la misma como la tendríamos que modificar si pensamos en un reloj en el que las partes son la sombra de un poste y un dial construido en el piso. Pero si no hay una manera de entender organización espacial que no dependa de determinaciones de contextos específicos entonces de alguna manera esos contextos específicos tienen que contribuir al poder explicativo, y explicar cómo tiene esto lugar, es decir, explicar como este “contextualismo” es parte de la manera en la que está hecho el mundo, no es una tarea trivial. En el ejemplo anterior una alternativa es decir que hay relojes que no son mecanismo, y que un reloj como un reloj de sol no es un mecanismo. Pero ¿cómo hacemos la distinción entre reloj-mecanismo y reloj-no-mecanismo? ¿Un reloj de arena es un mecanismo? Parece ser que responder a esta pregunta nos mete en un círculo

vicioso ya que requiere que dispongamos de un principio general como el que dice que un mecanismo puede caracterizarse por la organización espacial de sus partes.

Otra alternativa es empezar por caracterizar lo que entendemos por reloj, para luego caracterizar un subconjunto de tales relojes como “mecánicos”. La idea usual es que un reloj está caracterizado por su función: decir la hora. Caracterizar un reloj por su función (decirnos la hora) es un buen principio, pero no puede ser todo. Los japoneses adaptaron los mecanismos de relojes tradicionales europeos del siglo XVI a un mecanismo-reloj que marcaba las horas de acuerdo a la costumbre japonesa. Para los japoneses habían 6 unidades de tiempo (horas) entre el amanecer y el atardecer, por lo que las horas eran mas o menos cortas dependiendo de la estación del año. ¿Eso cuenta como un reloj? No veo por qué no. Si bien el ejemplo muestra que lo que entendemos como la función del reloj depende de un contexto cultural. Esto apunta a un problema general, no es fácil determinar cuál es la función de un dispositivo, y puede argüirse que un dispositivo no tiene una función que pueda asociársele de forma unívoca.

Finalmente, otro problema para sustentar la fuerza explicativa de un mecanismo en un cierto tipo de organización propio de lo que debemos entender por mecanismo es que no es obvio que los diferentes sentidos en los que se habla de mecanismos en geología, neurociencias y teoría de la evolución, por ejemplo, puedan caracterizarse como casos particulares de un mismo concepto de mecanismo. Un ejemplo del tipo de mecanismos utilizados como parte central de explicaciones en las neurociencias es el siguiente. Para explicar la liberación de neurotransmisores se muestra que la despolarización abre canales de Ca^{2+} , y que eso permite que Ca^{2+} se difunda en la célula y que vesículos se peguen a la membrana y formen cierto tipo de complejos, etcétera. Por otro lado, en la geología se habla de mecanismos de movimientos de placas tectónicas, y en la teoría de la evolución se habla de la selección natural como mecanismo.

Estas son cosas muy diferentes, y no es claro que estamos hablando de lo mismo cuando usamos el término mecanismo en esos diferentes usos. Esto sugeriría que el concepto de mecanismo no es un concepto suficientemente estable (a menos que demos cuenta de cómo el contexto de uso juega un papel en estabilizar ese concepto) como para dar cuenta del poder explicativo de las explicaciones mecanicistas.

Ahora bien, uno puede aceptar todo lo anterior, y en particular aceptar que diferentes usos del término mecanismo pueden ser de hecho muy diferentes si el punto de apoyo de las explicaciones mecanicistas no lo pretendemos encontrar en una supuesta caracterización de la organización de mecanismos sino que consideramos que todo lo que estamos haciendo es describiendo relaciones de causa y efecto de muy diverso tipo. Pero en ese caso el término mecanismo está siendo usado meramente como una manera de hablar de complejas interrelaciones de causa-efecto.

El punto es que hablar de mecanismos como algo más que una mera descripción de relaciones causa-efecto sugiere que la manera como están organizados los diferentes componentes que juegan un papel en la explicación de un proceso causal juega un papel indispensable en la explicación. Pero cómo podemos dar cuenta del papel de la organización de las partes como algo más que la suma de relaciones causa-efecto de las partes es problemático³. Por otro lado, si para evitarnos

³ En Brandon 1985.

confrontar ese problema decimos que las explicaciones son meras descripciones de relaciones causa efecto, entonces parece que perdemos de vista la importancia de la organización de las partes y su relación con la función de mecanismos específicos, algo que parece es crucial en muchas explicaciones que apelan a mecanismos.

Otra dificultad para un programa reduccionista mecanicista surge del reconocimiento de que las propiedades mentales, o las funciones biológicas, por ejemplo, no pueden identificarse con propiedades físicas: porque esas propiedades y funciones pueden ser realizadas de diferentes maneras. En general, se llega a reconocer que hay diversas formas en las que una configuración de estados o procesos físicos puede resultar en un proceso descrito por una teoría no física; por lo tanto, el programa reduccionista parece perder su orientación epistémica (por lo menos en tanto que se pierde de vista la manera en la que el reduccionismo nos ayudaría a entender a la ciencia como describiendo un mundo constituido por una serie de mecanismos interconectados.

2. Reduccionismo y unidad de la ciencia. Hay muchas maneras diferentes en las que un programa reduccionista puede superar las dificultades arriba mencionadas. El único punto importante para nosotros es dejar claro que las tres diferentes propuestas tradicionales acerca de lo que es el reduccionismo están íntimamente ligadas y dependen del supuesto de que la ciencia tiene una unidad. Esta unidad es la expresión de la base objetiva que intentan capturar las diferentes propuestas reduccionistas desde diferentes perspectivas.

El mecanicismo fenoménico y el mecanicismo nomológico son dos maneras de caracterizar la ontología básica sobre la que descansa todo conocimiento científico. Como ya lo hemos mencionado el reduccionismo explicativo y el metafísico no son dos proyectos desligados sino más bien dos maneras de ver un programa reduccionista. Un ejemplo histórico instructivo de cómo un programa reduccionista se relaciona con tesis metafísicas es la discusión entre Neurath y Carnap respecto al origen de la objetividad de la ciencia. La objetividad de la ciencia para Neurath provenía de la capacidad del lenguaje natural de sustentar la objetividad de todo tipo de conocimiento.⁴ Los lenguajes científicos pueden y deben verse según Neurath como dialectos especializados, pero dialectos cuyo sustento objetivo proviene en última instancia del lenguaje ordinario, no de su traducción a un modo formal; es el lenguaje ordinario lo que da el sustento objetivo que se requiere para dar cuenta de la objetividad del conocimiento científico. Para Carnap, por el contrario, la objetividad de la ciencia descansaba en última instancia en una estructura lógica subyacente a las teorías y al lenguaje ordinario, una estructura que le da apoyo objetivo a las leyes universales de las que las leyes restringidas que describen los fenómenos en un laboratorio o en muchas aplicaciones científicas son casos especiales.

No es pues sorprendente que la discusión sobre reduccionismo avanzó bastante una vez que se empezaron a hacer distinciones importantes entre tipos de programas reduccionistas.

William Wimsatt ha recalcado la importancia de distinguir dos tipos de reduccionismo que pueden verse como asociados con programas reduccionistas

⁴ Véase por ejemplo Neurath 1932 y Carnap 1932.

diferentes.⁵ El primer tipo de reduccionismo es el que juega un papel importante en la caracterización de sucesión de teorías. Una reducción en este sentido es una relación entre estructuras teóricas por medio de la cual típicamente una teoría se transforma en otra (utilizando aproximaciones y otro tipo de restricciones no lógicas). Así, por ejemplo, se dice que la teoría especial de la relatividad se reduce a la mecánica clásica en el límite cuando las velocidades son pequeñas (comparadas con la velocidad de la luz). El reduccionismo en este sentido juega un papel regulativo; en la medida que nos da puntos de referencia que nos ayudan a decidir en qué situaciones podemos usar una teoría más simple y en qué casos tenemos que utilizar una teoría más complicada, pero que nos da una mejor aproximación a los fenómenos. Si queremos calcular la órbita de un satélite podemos usar la mecánica clásica si la velocidad del satélite es pequeña y si se dan otras condiciones. Es claro que la relación de reducción de sucesión es asimétrica y no transitiva. No sólo porque el tipo de relaciones de aproximación o similaridad que entran en juego no necesariamente se extienden más allá de la relación en cuestión, sino porque las relaciones en cuestión se dan siempre respecto a un tipo de modelos o un tipo de aplicaciones. Por ejemplo, se habla de que la genética molecular es una teoría que está en relación de reducción como sucesión respecto de la genética mendeliana. Pero no tiene sentido plantearse si hay una relación de reducción entre la teoría de Darwin de pangénesis y la teoría de Mendel. O en todo caso, esta pregunta sería independiente de la relación de reducción entre la genética mendeliana y la molecular.

El segundo tipo de reduccionismo involucra el uso de identidades y localizaciones de mecanismos causales; los cuales permiten dar cuenta de fenómenos en un nivel mayor de organización, en términos de procesos que tienen lugar en niveles “inferiores” de organización. Este segundo tipo de reduccionismo plantea una reducción como una relación de explicación, **pero explicación ya no se entiende como una explicación ND (o más en general, como una explicación basada en leyes universales) sino como una explicación causal que puede formularse de muy diversas maneras, en término de mecanismos, modelos, leyes no universales, etcétera. Es decir, una relación de reducción ya no tiene que darse entre teorías, puede darse entre modelos, mecanismos, etcétera.** Si por ejemplo identificamos un mismo mecanismo en dos teorías (cuyo papel causal en las diferentes teorías es el mismo) entonces podemos hablar de una reducción entre teorías. Kenneth Waters, por ejemplo, hace ver que lo que él llama el principio generador de diferencia (diferencias en gene causan diferencias en fenotipos) funciona tanto en la genética clásica como en la genética molecular. Así, este principio permite establecer una relación de reducción entre esas teorías.⁶ Pero la reducción no tiene lugar propiamente hablando entre teorías; más bien, lo que establece (por lo menos *prima facie*) es una relación entre mecanismos descritos en diferentes niveles de organización. Los factores mendelianos pueden describirse en los cromosomas a través de la hipótesis de Boveri-Sutton (véase Darden 1991) o por medio de mapeos de ligadura (Wimsatt 1992) o por una serie de mecanismos propios de la genética molecular. Lo interesante es que mientras más detallados son los mecanismos más se pierde el sentido de hablar de reducción entre “niveles” y en su lugar

⁵ ver por ejemplo Wimsatt 2006.

⁶ Waters 1994.

cada vez más lo que parece ser importante es la caracterización de diferentes tipos de mecanismos o procesos como partes de sistemas complejos.

Así, de nuevo llegamos al mismo punto, conforme avanzamos en el proyecto de identificar la gran variedad de mecanismos que generan los procesos naturales nos alejamos cada vez más de una de las motivaciones centrales del reduccionismo, la idea de que la ciencia tiene una unidad que es epistémicamente significativa. En la medida que se piensa, por ejemplo, que las explicaciones a nivel molecular son fundamentales, entonces tenemos una manera de entender la unidad de la biología, o de las ciencias cognitivas. Pero una vez que recalamos la importancia de la diversidad de mecanismos esta idea de unidad tiende a perderse. Algunos filósofos de la ciencia hoy en día concluyen que la ciencia no está unificada. Pero esto en todo caso requiere de una u otra forma responder a la pregunta de qué hace al conocimiento científico valiosamente diferente del tipo de creencias asociadas con la alquimia y otros sistemas supersticiosos de creencias.

2.1 El problema de l reduccionismo a través de la tesis de la unidad de la ciencia y las relaciones parte-todo. Una manera de tratar de caracterizar una idea de unidad de la ciencia, aunque sea más débil que la tradicional, podría hacerse mediante un análisis de la relación parte-todo. Por ejemplo a través de algún tipo de modelo de la relación parte-todo que nos ayude a caracterizar mecanismos como algo más que mera organización espacial y que idealmente nos ayude a entender la unidad de la ciencia. Pero esto se opone a ideas muy extendidas según las cuales la relación parte-todo es reducible a explicaciones en términos de leyes fisicalistas; que por lo tanto las identificaciones que podemos hacer de diferentes mecanismos son simplemente una manera útil o estéticamente llamativa de hacer referencia a leyes de correspondencia (Kim 2005). Sin embargo, este fisicalismo es difícil de mantener.

Como Wimsatt muestra (en Wimsatt 2006) las identificaciones en cuestión, en la medida que expresan relaciones parte-todo tienen una capacidad de predicción y explicación que va más allá de lo que pueden darnos una mera lista de correspondencias. Por ejemplo, a través de diferentes modelos de la teoría cromosómica de la herencia se proponen identidades. Éstas tienen una capacidad de predicción que no puede entenderse si no se toma en cuenta que los sistemas en los cuales se dan esos mecanismos les imponen restricciones; mismas que limitan las posibles opciones de relación entre tipos de cosas en diferentes niveles de organización y en esa medida, nos permiten llegar a explicaciones confiables. En otras palabras, la vieja discusión sobre la irreducibilidad de la relación parte-todo que generalmente se conoce como “holismo” se liga a través de este tipo de discusiones con el tipo de reduccionismo explicativo del que hablábamos anteriormente. Esto sugiere una manera de entender la unidad de la ciencia a través de este tipo de identificaciones locales entre mecanismos.

La ciencia no es un todo unificado a partir de la posibilidad de “reducir” todo proceso a un nivel fundamental. La unificación es provisional y derrotable y se refiere a la integración de procesos complejos que tienden a apoyarse mutuamente en la generación de explicaciones y predicciones exitosas. Hay diferentes propuestas en esta dirección. Carl Craver, por ejemplo, sugiere que la unidad de la ciencia debe entenderse como un mosaico: una diversidad de explicaciones (mecanicistas) diferentes que encajan unas con otras en la medida que contribuyen a entender procesos complejos en diferentes

niveles de organización (ver Craver 2007 capítulo 7 en particular). Ideas similares han sido sugeridas por Wimsatt (ver por ejemplo Wimsatt 2007 parte III), quién recalca que **diferentes teorías y explicaciones muchas veces no pueden reducirse una a la otra en el sentido que no pueden entenderse como reducibles a un nivel fundamental. Más bien, deben verse como recursos complementarios, requeridos para entender un proceso complejo.**⁷ Es esa trama de “reducciones” la que es significativa epistémicamente. Esto es compatible con la “irreducibilidad” del todo respecto a las partes. Esta es una propuesta que requeriría mayor elaboración de la que podemos dar aquí; pero da una idea de hacia dónde podemos orientar la discusión sobre el reduccionismo que vamos a desarrollar adelante.⁸

No se trata de dudar que hoy en día el tipo de jerarquía espacial que constituye una célula pueda entenderse en buena medida en términos de física molecular. Mecanismos o fuerzas tales como interacciones débiles, ligamiento de hidrógeno, o transformaciones alostéricas permiten dar cuenta, en gran medida, de las relaciones parte-todo que constituyen jerarquías espaciales distintivas de diferentes células. La cuestión es qué tan completa es esa reducción. Y cómo desarrollar un modelo filosófico de la irreducibilidad en cuestión. Y esta es una discusión abierta importante (Winther 2006) en la que no entraremos.

2.2. Representación y reducción

Como Wimsatt y Sarkar han hecho ver (Wimsatt 1974, 1986, Sarkar 1998), cualquier tipo de reducción requiere de *representación*, y cómo se entienden estas representaciones es una discusión importante que muchas veces se deja de lado. Una representación representa a través de aproximaciones y convenciones que, por ejemplo, ayudan a delimitar un tipo de sistema bajo ciertos supuestos. *La mera distinción entre un sistema y su entorno es ya parte de una representación* (algo que ha sido recalcado por los promotores de la llamada teoría de los sistemas de desarrollo (DST)).⁹ El punto crucial es qué supuestos implícitos en el tipo de representaciones utilizadas presuponen ya una cierta manera de distinguir un sistema de su entorno y por lo tanto, presuponen también una cierta caracterización de las partes en relación al todo. Debido a esto, **la discusión acerca de si un cierto tipo de organización o jerarquía se reduce a través de principios físicos tiene que tomar en cuenta la manera como llegamos a las representaciones de los procesos sobre los que estamos hablando.** Esto es crucial en la medida que no es obvio cómo podemos distinguir organización meramente espacial de organización causal. La organización espacial de una célula no puede entenderse como “instantánea”.¹⁰ La manera más conspicua en la que entran en la discusión sobre reduccionismo las diferencias entre distintos tipos de organización (y entre organización espacial y temporal en particular) es en el contraste que muchas veces se hace entre estructura y función. Pero es claro que estas diferencias van más allá de ese contraste.

⁷ Esta idea débil de unidad es el tipo de unidad que Neurath tenía en mente cuando propuso el proyecto de desarrollar una “Enciclopedia de la Ciencia Unificada”. Véase por ejemplo el libro de Cartwright *et al*

⁸ Algunos aspectos de esta propuesta se desarrollan en Martínez 2007

⁹ Ver por ejemplo Oyama *et al.* 2001.

¹⁰ Polanyi 1968.

Para empezar, organización espacial y temporal (o estructura y función) no pueden verse como tipos naturales fijos; más bien, deben verse como dimensiones de procesos. Esto es crucial a la hora de entender el papel de estos diferentes tipos de organización en procesos de desarrollo biológico. Así, los procesos ontogenéticos no pueden descomponerse simplemente en organización espacial y organización temporal. Esos procesos se caracterizan por una interacción continua entre las partes y los procesos; los que a su vez contribuyen a la generación de nuevas partes y procesos, y todo esto sucede no simplemente en la dirección de un menor nivel de organización a otro mayor.¹¹

El resurgimiento de la importancia de la herencia epigenética en evolución tiene mucho que ver con esta idea. Maynard-Smith y Szathmary hablan de información que se hereda en ciclos que involucran procesos que tienen lugar entre niveles de mayor organización a menor (y no solo viceversa) como “información holista”. En estos casos, a diferencia de lo que sucede en sistemas de DNA, las partes en un sentido importante no existen independientemente del todo. Otro ejemplo de este tipo de ciclos que involucran información holista es la manera como interacciones entre tejidos en ontogenia explican patrones de expresión de genes.¹²

En resumen, una vez que abandonamos la idea de que las explicaciones que entran en juego en la discusión sobre reduccionismo son un tipo definido de explicación, y que la objetividad de la ciencia debe entenderse como un tipo definido de objetividad (asociada con alguna tesis fisicalista), entonces los problemas en relación con la caracterización del reduccionismo se multiplican.

A continuación quiero sugerir una manera de ver los diferentes problemas que hemos mencionado como siendo parte de una discusión importante en filosofía de la ciencia respecto al tipo de representaciones que son pertinentes para el planteamiento de una tesis reduccionista. El tema de la representación en la ciencia no se reduce a la idea de representación semántica heredada como fundamental del empirismo lógico. Una discusión respecto a la manera en que se plantea dentro de las comunidades científicas particulares el problema de cómo encarar el futuro de la investigación es también parte de la discusión respecto a cuales son las representaciones pertinentes y por lo tanto respecto a cómo entender la tesis reduccionista. El problema del reduccionismo gira alrededor del problema de caracterizar el tipo de objetividad que distingue a la empresa científica; pero la caracterización de esa objetividad no puede desligarse de la manera como pensamos la relación entre ciencia y sociedad, o si se quiere, entre valores sociales y valor epistémico.

Así, el reduccionismo es útil como parte del desarrollo de estrategias valiosas para la generación de modelos novedosos con capacidad explicativa; así como, para la generación de heurísticas útiles en la predicción y evaluación de propuestas alternativas respecto a cómo avanzar en un tipo de investigación. Wimsatt ha mostrado muy claramente cómo el reduccionismo muchas veces tiene que ver con el desarrollo y calibración de herramientas conceptuales requeridas para generar predicciones exitosas. Como sugerimos adelante, este reduccionismo instrumental y metodológico tiene otras dimensiones importantes; las cuales nos conducen a sugerir que el núcleo importante de la discusión sobre reduccionismo, en sus diferentes vertientes, gira alrededor de la

¹¹ Laubichler 2009.

¹² Sobre este tema ver Hall *et al.* 2004.

preocupación respecto a cómo plantear el avance de un programa de investigación, o cómo justificar un cambio de programa, dado un cierto ámbito de recursos que pueden reordenarse y un cierto horizonte de valores que se considera deben de guiar el avance de la ciencia.

3. Hacia una caracterización del reduccionismo como laboratorio de ingeniería social de la ciencia. La manera tradicional de entender el problema del reduccionismo toma a las teorías científicas como objeto de estudio y trata de entender las relaciones explicativas entre teorías; a partir de eso intenta desarrollar un mapa de las reducciones posibles entre las diferentes teorías. Esto puede hacerse relacionando leyes o bien estableciendo criterios para relacionar modelos de teorías; pero en todo caso, el reduccionismo se plantea como un problema de la relación entre teorías o modelos cuya objetividad está fuera de discusión. Muchas cosas buenas pueden venir de este tipo de proyecto filosófico. Pero como hemos hecho ver arriba, una vez que dejamos de lado la idea de que las explicaciones científicas son (o no) objetivas independientemente de nuestras representaciones (y expectativas) de procesos; esto es, una vez que dejamos de lado la pretensión de sustentar la objetividad exclusivamente en algún tipo de fisicalismo, la discusión sobre reduccionismo tiene que replantearse.

Si, como decíamos arriba, la distinción entre un sistema y su entorno es ya parte de una representación entonces no es difícil ver en qué sentido podemos decir que una tesis reduccionista involucra la representación de diferentes valores sociales (implícitos en prácticas), y cómo esos valores entran a formar parte de la discusión respecto a cómo hacer ciencia y respecto a lo que debemos considerar como objetivo. Esto nos lleva a la tesis central de este trabajo. A saber, que *la diversidad de discusiones que tienden a asociarse en la práctica científica con la discusión sobre reduccionismo deben verse como ayudándonos a dibujar un mapa de cómo las diferentes prácticas científicas (disciplinas o tradiciones) se entienden como parte del avance de la ciencia. Y que ésta es una buena manera de entender el reduccionismo como programa.*

Este tipo de planteamiento tiene supuestos filosóficos importantes. En primer lugar, se parte de la idea de que la ciencia no tiene una unidad metodológica, ni epistémica ni metafísica de la que podamos partir para dar cuenta de la ciencia como un tipo de actividad sobre la cual puedan darse títulos de propiedad. Esta es una posición que podemos llamar neurathiana. La filosofía de la ciencia sería, de acuerdo a esta idea, un tipo de actividad filosófica dependiente de visiones que van cambiando respecto al lugar de la ciencia en la sociedad. La discusión contemporánea respecto a las maneras en las que las ciencias cognitivas o la biología pueden o deben ser parte de un estudio de la estructura y dinámica social son parte de esa discusión. Pero también son parte de esa discusión lo que usualmente se entiende como “interpretaciones” o formulaciones alternativas de teorías. Veamos algunos ejemplos de cómo esta manera de ver la discusión sobre reduccionismo (y la relación entre diferentes tipos de reduccionismo como parte de un programa reduccionista) puede ayudarnos a poner en una perspectiva filosófica diferente la cuestión del reduccionismo.

4. La discusión sobre Reduccionismo en diferentes prácticas Científicas. Qué se entiende por reduccionismo en diferentes prácticas científicas depende mucho del tipo de

problemas que confronte el futuro de esas prácticas; es decir, de lo que se percibe como su potencial contribución al desarrollo de la ciencia por venir y de cómo esa ciencia va a ser importante desde el punto de vista de valores sociales.

Por ejemplo, Shostak (un biólogo evolucionista) caracteriza el reduccionismo como la práctica de tomar lo que sabemos y aplicarlo al pasado en tanto que la evidencia no produzca contradicciones; o como la práctica de tomar lo que sabemos sobre sucesos en una escala micro para entender procesos en una escala macro, a menos que confrontemos incongruencias (Shostak 2002). A primera vista esto parece una manera muy extraña de caracterizar el reduccionismo. Pero una vez que entendemos que está motivada por la idea de que hay unidades de evolución susceptible de caracterizarse como implementables para diferentes niveles de organización, entonces la conexión es clara. Tal vez su manera de caracterizar el reduccionismo no es la usual. Pero ciertamente, el problema del reduccionismo para Shostak es el problema de que no tenemos buenas razones para hacer esa generalización acerca de las unidades de evolución; que por lo tanto, no hay un nivel fundamental en el cual se anclen dichas unidades. Como queda claro en la discusión de su ponencia (tal y como se presenta en el Regenmortel y Hull 2002), su preocupación de fondo tiene que ver con que ese “reduccionismo” respecto a las unidades de evolución lleva a cuestionar el valor de proponer proyectos de investigación que no se conecten con un supuesto nivel fundamental; lo cual conduce a que mucha investigación valiosa no se haga en aras de un supuesto ideal de lo que es la buena investigación (que pasa por el dogma “reduccionista”).

Es claro que, por lo menos entre científicos, la discusión respecto a si el reduccionismo es la manera de hacer ciencia o un obstáculo a la investigación valiosa no es una cuestión meramente teórica; involucra juicios respaldados por prácticas científicas que promueven o desalientan maneras de investigar científicamente en aras de ciertos valores.

Un libro, muy conocido y muy influyente, crítico del reduccionismo mecanicista implícito en las prácticas científicas propias de la biología molecular es “The Dialectical Biologist”. El libro empieza diciendo que si bien el reduccionismo mecanicista de la biología molecular ha sido muy exitoso, no debemos ver este reduccionismo como la única manera de llegar a la verdad. Se requiere -nos dicen Levins y Lewontin- una posición epistémica alternativa. En ese libro ellos proponen una visión dialéctica de la relación entre ciencia y naturaleza. En un libro posterior (Lewontin y Levins 2007) Lewontin y Levins examinan diferentes aspectos de la naturaleza dual de la ciencia, la dualidad que se manifiesta por un lado en la cada vez mayor sofisticación en laboratorios y proyectos de investigación, y por otro lado, en una creciente irracionalidad en la empresa científica como un todo:

Esto nos da un patrón de entendimiento y ceguera, de conocimiento e ignorancia, que no viene dictado por la naturaleza, y que nos deja indefensos respecto a los grandes problemas que tenemos que confrontar hoy día. Esta naturaleza dual nos da una ciencia impulsada por su desarrollo interno y por resultados tan diversos que nos obligan a poner a la complejidad como el problema intelectual central de nuestro tiempo. (Lewontin y Levins 2007, p. 9).

Lewontin y Levins consideran que el reduccionismo es una tradición filosófica que tiende a desconocer ese problema, que lleva a la fragmentación institucional de la investigación y a entender la política económica del conocimiento como mera mercancía. Como vemos, Shostak, Levins y Lewontin son parte de una importante cantidad de científicos que asocian el problema del reduccionismo por un lado, con la promoción de un cierto tipo de holismo y por el otro, con una filosofía política de la ciencia. Es indudable que hay mucho de interés filosófico en esta discusión; pero también es claro que un problema importante para los críticos del reduccionismo, dado que reconocen el éxito innegable de los métodos reduccionistas, es diagnosticar lo que está mal con el reduccionismo sin matar la gallina con los huevos de oro. Esto no es un problema trivial.

Como ya lo hemos mencionado, un avance en esta dirección consiste en reconocer que buena parte de la discusión gira respecto a cómo entender lo que es una explicación causal y los diferentes tipos de explicación causal que podemos utilizar en la ciencia para generar conocimiento. Pero la pregunta tiene más de una posible manera de plantearse.

Una de estas maneras ya está claramente formulada en los diálogos de Platón. Sócrates protesta que uno no puede dar como explicación de que uno está recostado el hecho de que mi cuerpo está hecho de huesos y tendones y que puesto que los huesos se mueven en las articulaciones, entonces los tendones al relajarse y contraerse hacen que doble mis extremidades de manera tal que me permitan recostarme. Para Sócrates, citar este tipo de causas es no dar el tipo apropiado de causas para el tipo de explicación que se requiere. El comportamiento humano requiere una explicación que apele a causas finales, no causas materiales.

Más en general, el problema es que es muy fácil confundir diferentes tipos de causa y por lo tanto, dar explicaciones que no son apropiadas para determinado tipo de proceso. Desde esta perspectiva (una vez que hacemos entrar como parte del problema la finalidad en cuestión), *el problema del reduccionismo es entonces más bien un problema respecto a las dificultades que tenemos para distinguir los tipos apropiados de explicación para las diferentes aplicaciones de la ciencia, las cuales se llevan a cabo a través de las diferentes prácticas científicas*. En otras palabras, el problema puede verse, dicho en términos de Neurath, como un problema de ingeniería social: las diferentes prácticas científicas se han desarrollado a través de la promoción de tipos específicos de explicaciones y métodos; un problema importante es cómo organizar esos recursos de manera racional en relación con valores sociales. De manera análoga a como un ingeniero organiza los diferentes materiales de acuerdo a las necesidades de la obra planeada.

4.1 Reduccionismo en medicina.

La dimensión de ingeniería social de un reduccionismo programático, que muchas veces se asocia con el rechazo al reduccionismo, puede verse sobre todo en la importancia que tienen ciertas maneras de implementar el conocimiento científico en desarrollos tecnológicos y aplicaciones médicas. Regenmortel muestra las consecuencias de una metodología reduccionista en relación con el desarrollo de nuevas drogas y vacunas.¹³ Regenmortel nos hace ver que el número de drogas aprobadas por la FDA, la agencia encargada de su aprobación en los EEUU (US Food and Drug Administration), ha

¹³ Ver por ejemplo Regenmortel 2000

declinado sistemáticamente. Esto se ha achacado a muchas causas, aumento en regulaciones, malos manejos y en la tendencia a sólo enfocar la investigación a drogas que prometen un cierto nivel de ganancias. Regenmortel considera que si bien las estrategias de investigación en cuestión incluyen muchas teorías y prácticas científicas novedosas, como lo son la genómica, la proteómica y la bio-informática, los resultados no son los esperados. Muchos proyectos biotecnológicos en la generación de vacunas contra el cáncer y enfermedades virales, por ejemplo, han sido considerados un fracaso. El diagnóstico de Regenmortel es que si bien hay muchos factores que pueden verse como contribuyendo a esta situación, una razón fundamental para este estado de cosas es el uso de metodologías reduccionistas en la planeación y evaluación de proyectos. Muchas enfermedades resultan de la interacción de muchos productos génicos y por lo general, no tenemos conocimiento de todos los productos génicos involucrados en una función biológica particular. No obstante, los investigadores tienden a hacer descansar sus investigaciones en experimentos que involucran la remoción de un único gen.

Otro ejemplo que ha sido discutido por varios críticos del reduccionismo y por Regenmortel en particular es la vacunación y más específicamente, proyectos de investigación que buscan un “diseño racional de vacunas”. Dichos proyectos parten de la idea que los principios del diseño de drogas basadas en el conocimiento de la estructura biológica pueden aplicarse al desarrollo de vacunas. Esto presupone que un fenómeno biológico, como la protección contra una infección, puede ser reducido a nivel químico. Este presupuesto, sin embargo, es cuestionable según Regenmortel. Los determinantes antigénicos de un agente infeccioso son propiedades que se definen en la interacción con anticuerpos específicos y que sólo existen en el contexto del sistema inmune.

En un trabajo reciente, Ahn y co-autores (Ahn *et al.* 2006) apuntan en la misma dirección. Nos dicen que si bien la implementación de la medicina clínica se orienta por una visión sistémica, la ciencia de la medicina clínica es fundamentalmente reduccionista. Ellos consideran que ese reduccionismo va acompañado de cuatro tipos de prácticas que le son distintivos:

(1) el énfasis en explicaciones basadas en la identificación de un factor singular dominante. La idea es que de manera análoga a como un mecánico identifica la pieza defectuosa en un automóvil, los médicos tienden a buscar el factor que se identifica como la causa de la enfermedad.

(2) el énfasis en homeostasis,

(3) evaluaciones inexactas de riesgo, y

(4) tratamientos “aditivos”.

Estas ideas se consideran cuestionables, porque muchas veces no puede identificarse un factor singular dominante (como lo propone (1)). El supuesto de que la estabilidad de un sistema biológico y del cuerpo humano en particular, puede entenderse en términos de parámetros asociados con rangos normales y anormales de funcionamiento (homeostasis) es indudablemente muy exitoso y correctamente se considera un gran avance en medicina; pero es importante pensar en sus límites. Por ejemplo, el énfasis en la corrección de un parámetro (nivel bajo de potasio, por ejemplo), puede hacer perder de vista la importancia de regulaciones que tienen lugar a nivel sistémico. Es posible que forzar ese parámetro a intervalos considerados “normales” tenga efectos sistémicos dañinos. Ahn *et al.* mencionan por ejemplo, efectos adversos de calcio para

hipocalcemia, o del control de la presión arterial para hipertensión relacionada con infartos como casos en los cuales la homeostasis nos lleva a un tratamiento equivocado. Este tipo de limitaciones al reduccionismo claramente nos llevan a pensar que la mera agregación de tratamientos para causas aisladas muchas veces no es la mejor manera de curar y que por lo tanto, un tratamiento con frecuencia no puede ser “aditivo”. Estas limitaciones evidentemente le dan un lugar a algún tipo de holismo, el cual, tendría que ser tomado en cuenta a la hora de entender qué es un sistema biológico complejo. Pero es fácil observar que el reconocimiento de estas limitaciones tiene que ir asociado con tomarse en serio el tipo de dualidad de la ciencia a la que se refieren Lewontin y Levins en la cita de arriba. La complejidad de la ciencia es parte de la complejidad de las sociedades humanas y de la manera como las diferentes prácticas se constituyen en instituciones sociales que promueven intereses y valores diversos.

El tercer factor que Ahn *et al.* asocian con el reduccionismo es la distorsión en la evaluación de riesgos. El reduccionismo tiende a hacernos pensar en la medición de riesgos como asociados uno a uno con factores de riesgo. Un ejemplo que dan ellos es el de la hipertensión, que se sabe es un factor de riesgo en relación con ataques al corazón. La recomendación ha sido que se le de tratamiento farmacológico, asociado con una modificación de estilo de vida, a personas con una presión sistólica mayor a 140. Esto está basado en estudios que muestran que hombres con presión sistólica mayor de 140 tenían el doble de probabilidad de desarrollar problemas del corazón que hombres con presión menor que 140. Sin embargo, dado que cerca del 70% de la población en los EEUU (en donde se hicieron los estudios) no tiene problemas de hipertensión, más del 30% de los problemas surgen en gente con presión normal. Esto lleva a la llamada “paradoja de la prevención”. Un número mayor de gente con menor riesgo da origen a mayor número de casos de enfermedad que un menor número de gente con mayor riesgo. Una posible estrategia para resolver la paradoja es bajar el nivel de presión sanguínea que se considera debe ser tratado. Pero esto tiene varias implicaciones. Por un lado, van a ser tratados un mayor número de gente que no hubieran de todas maneras desarrollado la enfermedad y por otro, cambios en estilo de vida y el tratamiento pueden tener consecuencias negativas para la salud de esas personas.

El problema es complejo, pero es claro que una salida de la paradoja involucra reflexionar acerca de la manera como pueden evaluarse los riesgos a nivel colectivo, no simplemente tomados uno a uno. Esto no es trivial. Sin embargo, no parece haber otra salida de la paradoja. *Pero, si los riesgos no pueden verse como asociados de manera definida con individuos, entonces la conformación de los riesgos tiene que verse como teniendo lugar a través del desarrollo de instituciones que los anclan a determinados tipos de entorno.* En otras palabras, la evaluación de riesgos no puede hacerse independientemente de la manera como esos riesgos conforman patrones estables de comportamiento y expectativas articuladas por normas y valores.

4.2. Reduccionismo y complejidad en biología evolucionista.

De manera análoga a cómo algún tipo de holismo es pertinente para la medición de riesgos y planeaciones de salud pública, muchos modelos teóricos respecto a lo que es un proceso evolucionista requieren tomar en cuenta aspectos sistémicos asociados con procesos de desarrollo biológico, por ejemplo. Cómo modelar estos aspectos sistémicos es un serio problema; pero el problema no va a desaparecer haciendo ver que no tenemos

una manera clara de tratarlo. El problema no apunta a negar la importancia del reduccionismo en el avance de la ciencia, sino a reconocer sus limitaciones. Así, la llamada Teoría de Sistemas de Desarrollo (DST por sus siglas en inglés) considera que los procesos biológicos deben estudiarse evitando identificar un tipo de recurso como controlando o dirigiendo el proceso, dejando otros recursos fuera de consideración. En particular, DST apunta a mostrar que el concepto de “programa genético” o de “genetic blueprints” en biología asumen que puede hacerse una distinción clara entre lo que forma parte de un sistema y lo que no. Y este tipo de distinción muchas veces es problemática. Sobre todo, porque tiende a dejar fuera de consideración la complejidad de las interacciones dinámicas que conforman los procesos biológicos.¹⁴ Esto lleva a una visión diferente a la tradicional de entender lo que es evolución biológica. El cambio evolutivo se considera que es el producto de interacciones en las que los resultados están co-determinados por poblaciones y entornos que a su vez son parte de historias de interacción complejas. Esto lleva a negar que podemos pensar en la evolución como una mera adaptación del organismo a un medio ambiente. Y más en general, sugiere que aspectos del entorno pueden jugar un papel activo en la conformación del sistema de desarrollo y por lo tanto, jugar un papel en la dirección de la evolución de un determinado linaje.

En los dos casos anteriores, la crítica al reduccionismo apunta a propuestas que no tienen una respuesta clara a problemas importantes. Ahn *et al.* 2006 sugieren cómo la biología sistémica puede ayudarnos a superar las limitaciones del reduccionismo. La biología sistémica parte del conocimiento técnico asociado con el desarrollo de teorías matemáticas del caos, dinámica no lineal y teorías de sistemas complejos; las cuales, aplicadas a los sistemas biológicos, permiten modelar la emergencia de propiedades como surgiendo de la interacción entre componentes heterogéneos. Estas teorías matemáticas han existido por muchas décadas, pero lo novedoso es la manera como se están combinando con líneas experimentales de investigación. Es claro que la llamada biología sistémica no es en el sentido tradicional una disciplina, sino más bien una confluencia de métodos provenientes de muy diversas áreas (y no sólo de la biología); los cuales, están teniendo un impacto en la manera de plantear las investigaciones y el trabajo experimental que requiere el estudio de los sistemas biológicos complejos. Uno de los objetivos explícitos de la biología sistémica es entender los sistemas como sistemas en interacción constante y en equilibrio dinámico entre ellos y con el entorno. En la medida que este tipo de modelos puedan ser utilizados en la práctica médica el reduccionismo típico de la medicina clínica, caracterizado por las cuatro prácticas arriba mencionadas, podría ser superado. Igualmente, este tipo de modelos podría ayudarnos a entender la relación entre desarrollo y evolución a la que apunta DST. Esta es indudablemente una discusión que toca todas las variantes del reduccionismo que mencionamos en la primera parte de este trabajo.

El punto que nos interesa recalcar ahora, sin embargo, ya para irle dando una forma más definida a nuestra propuesta respecto a cómo entender el problema del reduccionismo en la ciencia y en la biología en particular como la articulación de un

¹⁴ véase por ejemplo Oyama *et al.* 2001.

programa reduccionista, es que la discusión filosófica sobre el reduccionismo tiene que tomar en cuenta por lo menos los siguientes temas:

A. una serie de cuestiones filosóficas que siempre han estado en el centro de la discusión sobre reduccionismo; a saber, cuestiones de ontología, metodología y explicación en un sentido amplio y general. En particular, la discusión sobre si existe o no un nivel fundamental respecto al cual podemos orientar las explicaciones y métodos diversos que constituyen las diferentes prácticas científicas.

B. Las cuatro prácticas asociadas por Ahn *et al.* con el reduccionismo corresponden a una serie de cuestiones filosóficas (que pueden verse como especificaciones de las cuestiones que plantean Ahn *et al.* en el punto 1 arriba) ampliamente estudiadas en la filosofía de la ciencia. En particular esto nos lleva a discusiones respecto a qué es una explicación científica; así como a discusiones de si podemos hablar de un tipo fundamental de explicación causal o tenemos que reconocer una variedad heterogénea de tipos de explicación causal. Esta es una cuestión que desde diferentes perspectivas ha sido objeto de reflexión filosófica desde los inicios de la ciencia. No tenemos que irnos al estudio de los sistemas complejos para darnos cuenta que la búsqueda por un factor causal dominante muchas veces no nos lleva a una buena explicación. La discusión sobre la necesidad de abandonar explicaciones causales de este tipo llevó, precisamente en filosofía de la ciencia, al cuestionamiento de modelos de explicación simplistas como el de Salmon (Salmon 1984) y generó toda una serie de propuestas acerca de las maneras apropiadas de modelar explicaciones causales con factores múltiples heterogéneos. Entre las propuestas más interesantes están aquellas, que como en el caso de las propuestas de Nancy Cartwright (ver Cartwright 1999), proponen que una explicación causal requiere de un contexto concreto en el cual se modela la complejidad de causas. Este énfasis en la importancia del contexto es una manera en la que la tensión entre reduccionistas y no reduccionistas se está tratando de resolver (véase en particular Sarkar 2005).

C. La manera en la que se está intentado superar el reduccionismo es precisamente haciendo ver que éste no tiene por qué rechazarse; sino que más bien, los diferentes sentidos del reduccionismo pueden verse como estrategias que nos permiten identificar componentes estables de sistemas complejos, los cuales posteriormente tenemos que tomar en cuenta para entender fenómenos complejos. Pero entonces, el reduccionismo no debe verse como el método de la ciencia, sino como un andamiaje de estrategias más o menos provisionales que se requieren para entender la dualidad de la ciencia como generadora de conocimiento objetivo y como constructora de realidad social.

5. Conclusión. La heterogeneidad de prácticas exitosas orientadas al estudio de diferentes niveles de organización que están interactuando de manera fructífera en la biología y otras ciencias naturales apuntan tanto a la importancia de la diversificación de las prácticas científicas; como a la importancia de su integración como recursos para el planteamiento de nuevos problemas o el desarrollo de novedosas perspectivas de investigación. En la medida que lo que se considera fructífero o exitoso lo es en relación

a valores sociales representados en protocolos de investigación, instrumentos y técnicas, la integración fructífera de esas diferentes prácticas que tiene lugar en parte a través de relaciones de reducción puede verse como una representación de la relación ciencia-sociedad en la medida que involucra distinciones entre sistemas y su entorno, por ejemplo que están guiados prácticas científicas diferentes que de una u otra forma encarnan valores sociales implícitos en esas prácticas.

Referencias bibliográficas:

Ahn A.C., Tewari M., Poon C.S., Phillips R.S. (2006), "The limits of reductionism in medicine: Could systems biology offer an alternative?", en *PLOS Med* 3: e208. doi: 10.1371/journal.pmed.0030208.

Bickle, J. (2003), *Philosophy and Neuroscience: A Ruthlessly Reductive Account*, Dordrecht: Kluwer.

Brandon, R. (1985), "Greene on Mechanism and Reductionism: More Than Just a Side Issue", en P. Asquith y P. Kitcher (eds.), *PSA 1984*, vol. 2. East Lansing, MI: Philosophy of Science Association, pp. 345-53.

Carnap, R. (1932), "Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft", en *Erkenntnis* 2, trad. por M. Black, London: Kegan, Paul, Trench Teubner & Co., 1934, pp. 432-465.

Cartwright, N. (1999), *The Dappled World: A Study Of The Boundaries Of Science*, Cambridge University Press.

Craver, C. (2007), *Explaining the Brain: Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*, Oxford University Press.

Darden, L. (1991), *Theory change in science: strategies from mendelian Genetics*, New York: Oxford University Press.

Hall, B. K., R. Pearson, G. B. Müller (eds.) (2004), *Environment, Development, and Evolution: Towards a Synthesis*, Cambridge, Mass.: MIT Press.

Hempel, C. y Oppenheim, P. (1948), "Studies in the Logic of Explanation", *Philosophy of Science* 15: 135-75.

Kim, J. (2005), *Physicalism, or Something Near Enough*, Princeton University Press.

Laubichler M. (2009), "Form and Function in Evo Devo: historical and conceptual reflections" en M. Laubichler y J. Maienschein (eds.), *Form and Function in Developmental Evolution*, MIT Press.

Levins, R. y Lewontin, R. (1985), *The Dialectical Biologist*, Cambridge: Harvard University Press.

Lewontin, R. y Levins, R. (2007), *Biology Under the Influence: Dialectical Essays on Ecology, Agriculture, and Health*, Monthly Review Press, New York.

Martínez S. “La representación de lo contingente en las explicaciones científicas”, en Edna Suárez (comp.), *Variedad infinita: ciencia y representación*, Limusa, México, 2007, pp. 23–54.

Maynard-Smith, J. y Szathmary, E. (1997), *The Major Transitions in Evolution*, New York: Oxford University Press.

Nagel E. (1979), *Teleology Revisited*, Columbia University Press.

Neurath, O. (1932), ‘Protokollsätze’, *Erkenntnis* 3, pp. 204-14

Oyama, S., Griffiths P., and Gray R. (eds.) (2001), “Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution”, Cambridge, M.A, MIT Press.

Polanyi, M. (1968), “Life's irreducible structure”, *Science* 160:1308–1312.

Van Regenmortel, M. y Hull D.L. comps. (2002), *Promises and Limits of Reductionism in the Biomedical Sciences*, Chichester: John Wiley and Sons.

Regenmortel van M. 2000 “Molecular Design versus empirical discovery in Peptide-based Vaccines...”, *Vaccine* 18, pp. 216-221

Van Regenmortel, M. (2004), “Reductionism and Complexity in molecular biology”, European Molecular Biology Organization.

Salmon, W. (1984), *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton: Princeton University Press.

Sarkar S. (1998), *Genetics and reductionism*, Cambridge: Cambridge University Press.

Sarkar S. (2005 [1991]), “Reductionism and functional explanation in molecular biology”, reimpresso en *Molecular models of life: philosophical papers on molecular biology*, Cambridge: MIT Press, 2007 pp. 117-144.

Shostak, S. (2002), ¿Who is Afraid of Reductionism? I Am! Capítulo 6 en Regenmortel y Hull comps. 2002.

Waters K. (1994), “Genes made molecular”, en *Philosophy of Science* 61:163–185.

Wimsatt, W.C. (1974), "Complexity and organization", en K.F. Schaffner and R.S. Cohen (eds.), *Proceedings of the 1972 meeting of the Philosophy of Science Association*, Dordrecht: D. Reidel, pp. 67-86.

_____ (1986), "Developmental constraints, generative entrenchment and the innate-acquired distinction", en P. W. Bechtel (ed.), *Integrating Scientific Disciplines*, 185-208. Dordrecht: Martinus-Nijhoff.

_____ (1992), "Golden generalities and co-opted anomalies: Haldane vs. Muller and the drosophila group on the theory and practice of linkage mapping", en S. Sarkar (ed.), *The founders of evolutionary genetics*, Dordrecht: Martinus-Nijhoff, pp. 107-166.

_____ (2006), "Reductionism and its heuristics: Making methodological reductionism honest", en *Synthese*, vol. 151, no.3, pp. 445-475.

_____ (2007), *Re-Engineering Philosophy for Limited Beings: piecewise approximations to reality*, Harvard University Press.

Winther, R.G. (2006), "Parts and theories in compositional biology", en *Biology and Philosophy* 21: 471-499.