

*Información mecanística  
en la evaluación de riesgos.  
Una aproximación desde las explicaciones  
basadas en mecanismos\**

*Mechanistic information in risk assessment.  
An approach from mechanistic explanations*

JUAN BAUTISTA BENGOETXEA  
JOSÉ LUIS LUJÁN  
OLIVER TODT  
*Universitat de les Illes Balears (España)*

Recibido: 16-1-2013

Aprobado definitivamente: 22-2-2013

RESUMEN

Desde la década pasada, en la evaluación de riesgos se ha propuesto utilizar la información mecanística con un doble propósito: seleccionar guías de inferencia y realizar extrapolaciones inter-químicas para establecer categorías de tóxicos. En este trabajo se utilizan aportaciones procedentes del análisis filosófico de las explicaciones mecanísticas para analizar el concepto

\* Este trabajo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación «La explicación basada en mecanismos en la evaluación de riesgos», de referencia FFI2010-20227/FISO, del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, cofinanciado por fondos FEDER de la Comisión Europea.

© *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía: Suplemento* 18 (2013), pp. 13-26. ISSN: 1136-9922  
Departamento de Filosofía, Universidad de Málaga, Facultad de Filosofía y Letras  
Campus de Teatinos, E-29071 Málaga (España)

de información mecanística utilizado en la evaluación de riesgos. Categorizamos la información mecanística de los modos de acción en términos de explicaciones etiológicas que emplean bosquejos de mecanismos. El grado de detalle que ha de incorporar la información mecanística en la evaluación de riesgos dependerá, entre otros factores, de consideraciones pragmáticas respecto del uso posterior de dicha información.

PALABRAS CLAVE

INFORMACIÓN MECANÍSTICA, EVALUACIÓN DE RIESGOS, MODELO, BOSQUEJO, EXPLICACIÓN.

ABSTRACT

Since the 2000s, in risk assessment studies it is usual to use mechanistic information with a double aim: to select inference guidelines and to make inter-chemical extrapolations to categorize toxics. Here, we use the contributions made in philosophical analysis of mechanistic explanations to analyze the concept of mechanistic information used in the risk assessment. We classify mechanistic information, specifically that concerning modes of action, in terms of etiological explanations employing sketches of mechanisms. The grade of the details that mechanistic information must incorporate to risk assessment depends on, among other factors, pragmatic considerations on the further use of such information.

KEYWORDS

MECHANISTIC INFORMATION, RISK ASSESSMENT, MODEL, SKETCH, EXPLANATION

## I. INTRODUCCIÓN

EL TIPO DE EXPLICACIÓN CIENTÍFICA QUE SE «BASA EN MECANISMOS» —«explicación basada en mecanismos» o EBM, en adelante— está en una fase de desarrollo en la literatura de la filosofía de la ciencia, la filosofía de la tecnología y los estudios CTS a partir, ante todo, de la publicación en el año 2000 del artículo «Thinking About Mechanisms», de Peter Machamer, Lindley Darden y Carl Craver. Esto se debe básicamente al reconocimiento actual de un hecho fundamental identificado en las ciencias de la vida y en las neurociencias, a saber: que una explicación normalmente incorpora un modelo del mecanismo considerado responsable de un fenómeno determinado (Bechtel & Abrahamsen 2005, p. 421).

EBM, por lo tanto, se aleja del modelo nomológico-deductivo (ND) típico de la filosofía de la ciencia, según el cual explicar un fenómeno consiste en subsumirlo bajo una ley (Suppe 1977). Se sabe no obstante que la mayor parte de las explicaciones biológicas y neurocientíficas no recurre de este modo a leyes, sino que más bien describe mecanismos (Craver 2007, p. 107). Por ello, desde la filosofía de la ciencia —Cartwright (1983, 1999), Giere (1999)— se ha criticado

el modelo ND hasta el punto de afirmar que no hay leyes de dicho tipo o, en su caso, que no las hay en biología (Beatty 1995, Rosenberg 1994). En las ciencias de la vida y en las neurociencias, la identificación de un fenómeno es algo que precede a su explicación y que invita a explicarlo. Según Bechtel & Abrahamsen (2005, p. 422), el término más empleado en la literatura biológica es «mecanismo». Los biólogos explican *el porqué* mediante la explicación del *cómo*. En la biología celular, por ejemplo, se han propuesto infinidad de mecanismos para explicar fenómenos de fermentación, síntesis proteínica o secreción, entre otros. Las ciencias del siglo XXI (biología, neurociencias, ciencias vinculadas a las nano-aplicaciones, medicina, ciencias del riesgo) manejan EBM y la filosofía comienza a tomarlo en consideración.

El artículo de Machamer, Darden y Craver (2000) es un punto de inflexión en el propio razonamiento ‘mecanístico’ que ha permitido filtrar y reelaborar otras nociones de la misma familia filosófica-científica, entre las cuales aquí destacamos la de *información mecanística*. Si por un lado enfatizamos el hecho de que la descripción de un mecanismo aplicable a un fenómeno equivale precisamente a explicar tal fenómeno, también mantenemos la tesis de que es tarea primordial para el investigador identificar mecanismos que proporcionen información para poder explicar sus fenómenos correspondientes. Este tipo de información es mecanístico, y ha sido especialmente en el contexto de la evaluación de riesgos donde se ha enfatizado su importancia y validez en los últimos años. Aquí proponemos analizar contrastivamente dicho concepto con el fin de establecer su posible adecuación al concepto de EBM desarrollado en la filosofía de la ciencia.

## II. INFORMACIÓN MECANÍSTICA Y EXPLICACIONES BASADAS EN MECANISMOS

El incremento del interés filosófico por las explicaciones basadas en mecanismos ha permitido generar nuevas herramientas conceptuales para el análisis de la información mecanística utilizable en la evaluación de riesgos, entre las que cabe resaltar una conceptualización particular de los *modos de acción* que concibe éstos como explicaciones causales basadas en mecanismos, haciendo uso de los criterios propuestos por Hill (1965). Reciben esta forma porque explican el porqué mediante la explicitación del cómo, habitualmente a través de diversos mecanismos vinculados a la aparición de un efecto. *Grosso modo*, una explicación (básica) es simplemente una respuesta que suministra un marco conceptual a un fenómeno —hecho, ley, teoría— y que nos produce la impresión de comprensión (Brewer *et al.* 2000, p. 280). Según Salmon (1989, p. 3), una explicación es un modo de portar conocimiento-*por qué*, opuesto al conocimiento-*que*. Y una explicación causal, concretamente, apunta al porqué de la producción (o falta de ella) de un fenómeno específico, pasado, presente o

futuro. Para Salmon (1989, p. 156), una explicación causal involucra la revelación de los mecanismos que funcionan en el mundo.

La causación, por su parte, se puede caracterizar como una noción organizativa que cubre las actividades involucradas por las entidades de un mecanismo. Por ejemplo, en el caso del fenómeno de la transmisión del sonido, la causa de éste cubre las actividades de vibración y de movimiento. Todas estas actividades son lo que Salmon (1989, p. 109) llama «procesos causales» o procesos capaces de transmitir una ‘marca’, energía o información desde una parte del mecanismo a otra. Como tipo de explicación, los modelos mecanísticos representan la ‘causabilidad’ específica mediante entidades, interacciones y actividades, siempre teniendo en cuenta el tipo generalizado de fenómeno del que se trate.

Es importante enfatizar que un modelo mecanístico no requiere una ley para obtener su efecto. Aunque a menudo se empleen leyes –por ejemplo, la ley de Ohm se emplea para explicar el movimiento de los iones a través de la membrana de una célula–, los modelos no siempre son *legaliformes*. Esto implica que se pueden alterar a lo largo del proceso de investigación. De este modo, una definición no ‘necesitarista’ de la causalidad deja lugar a un *falibilismo* que indica el intento continuado por remediar problemas con modelos mecanísticos, en vez de apegarse a uno en particular que podría ser insuficiente para explicar un tipo específico de fenómeno.

De hecho, las EBM’s incluyen no sólo el porqué y el cómo del funcionamiento de los mecanismos en ciertas circunstancias y condiciones, sino también el porqué y el cómo de la carencia de funcionamiento en otras circunstancias y condiciones. Craver (2006, p. 358), al respecto, coincide con Woodward (2003), para quien las explicaciones establecen por qué y cómo ocurre un fenómeno y por qué y cómo no ocurriría si se dieran ciertas intervenciones. Se trata de criterios que apuntan a la importancia de la capacidad de manipulación (*manipulability*) en la construcción de una explicación basada en mecanismos.

Pues bien, el establecimiento de los mecanismos de acción en la evaluación de riesgos consiste precisamente en determinar las secuencias de diferentes estadios clave que conduzcan, pongamos por caso, a un cáncer o que, inversamente, indiquen en qué circunstancias no se produciría el fenómeno. Esta característica es común a las explicaciones basadas en mecanismos (Craver 2006), distinguibles a su vez en dos tipos, las *etiológicas* y las *constitutivas* (Robins & Craver 2009). Las explicaciones etiológicas son las que sitúan un ítem dentro de la estructura causal del mundo describiendo sus causas antecedentes y los mecanismos mediante los cuales el fenómeno que queremos explicar se produjo (Robins & Craver 2009). Según Salmon (1984, p. 269), las explicaciones etiológicas explican un hecho dado mostrando cómo llegó a ser lo que es como resultado de sucesos, procesos y condiciones pasadas. Estas explicaciones son

bosquejos o esquemas en desarrollo que rastrean la producción o creación de un fenómeno. Son diacrónicas. Son explicaciones genéticas, referidas a la génesis, o relatos históricos interesados en causas a lo largo del tiempo (Salmon ofrece el ejemplo de la Gran Plaga de 1665).

Las explicaciones constitutivas, según Robins & Craver (2009), son las que sitúan un ítem respecto de la estructura causal interna al fenómeno que se quiere explicar. Son las que describen los mecanismos. Su carácter constitutivo se debe a que muestran la relación existente entre el comportamiento del mecanismo como totalidad y las actividades organizadas de sus componentes individuales (Craver 2007, p. 108, n1). Según Salmon, una explicación constitutiva muestra que el hecho que queremos explicar está constituido por mecanismos causales subyacentes (Salmon 1984, p. 270). Son explicaciones sincrónicas (Robins & Craver (2009) ponen el ejemplo de los ritmos circadianos de los mamíferos).

Consideramos que esta diferencia de tipos de explicaciones es aplicable al caso de la información mecanística en evaluación de riesgos, donde los mecanismos de acción serían explicaciones constitutivas y los modos de acción serían etiológicas. En particular, mantenemos que la información mecanística de los modos de acción sirve para focalizar un aspecto importante de las explicaciones científicas: la *complejidad* en los diferentes niveles explicativos. Un nivel de complejidad refleja tanto la cantidad y la calidad de la información disponible sobre una sustancia química como las necesidades específicas de la evaluación de riesgos que se esté llevando a cabo (Clewel 2005, Craver 2006, 2007).

### III. LA INFORMACIÓN MECANÍSTICA EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

El objetivo principal de la evaluación de riesgos es obtener información sobre el riesgo que determinadas sustancias entrañan para el entorno y la salud pública. Esta información se utiliza posteriormente en la toma de decisiones (elaboración de regulaciones) con el fin de minimizar los riesgos acerca de los cuales se ha obtenido información. Las dos metodologías básicas de la evaluación de riesgos son los estudios epidemiológicos y los bioensayos, y en ambas aparecen indeterminaciones que es necesario salvar mediante extrapolaciones de los datos disponibles a situaciones reales de exposición (Cranor 1993, López Cerezo & Luján 2000). Durante la última década se han producido diferentes controversias metodológicas en el ámbito de la evaluación de riesgos. Estas controversias metodológicas se han centrado en los siguientes temas: 1) carga de la prueba; 2) reglas de inferencia; y 3) estándares de prueba (Luján 2005). Dos de estos ámbitos de controversias están directamente relacionados con la información mecanística: las reglas de inferencias y los estándares de prueba.

En la evaluación de riesgos, la expresión «información mecanística» puede tener dos referentes: el modo de acción y el mecanismo de acción. El mecanismo está formado por la información detallada y secuencial en diversos niveles de

organización biológica, a menudo en el molecular, de los sucesos o pasos de la interacción entre un organismo y un tóxico que conducen a una respuesta observada –por ejemplo, la mutagenicidad, la mitogénesis o la inhibición de la muerte celular. En farmacología y toxicología, un mecanismo de acción denota la secuencia molecular de los sucesos que conducen desde la absorción de una dosis efectiva de una sustancia química a la producción de una respuesta biológica específica en el órgano ‘objetivo’, ‘diana’ o estudiado. Comprender el mecanismo de una sustancia química implica necesariamente comprender las relaciones causal y temporal entre los pasos que conducen hacia un efecto particular, así como entre los pasos que conducen a una dosis efectiva de la sustancia química en el/los objetivo/s biológico/s pertinente/s de acción. Así pues, para definir un mecanismo, los datos experimentales (o clínicos) deberían ser suficientes para inferir las conclusiones (Borgert *et al.* 2004, p. 87).

El modo de acción, por su parte, incluye sólo los pasos mecanísticos críticos que producen ese efecto biológico característico; es decir, es la secuencia crítica de sucesos consecuencia de la interacción mencionada (Borgert *et al.* 2004, p. 89; USEPA 2003) o, en otros términos, es una descripción más general de la acción química o narcótica (Dellarco & Wiltse 1998). El modo se refiere o bien (i) al tipo de respuesta producida en un organismo expuesto, o bien (ii) sólo a los pasos o rasgos críticos del mecanismo requerido para producir la respuesta biológica concreta. Autores tales como Schlosser & Bogdanffy (1999) definen el modo de acción como una categoría de mecanismos que comparten rasgos generales críticos (clave) para la producción de toxicidad. Así, conocemos el modo de acción de una sustancia química si conocemos el mecanismo completo, aunque lo contrario no sea cierto. Por ello, es justo concluir que la clasificación por modo de acción debería apuntar a algún aspecto de la trayectoria bioquímica crítica junto con los cambios (bioquímicos, metabólicos, fisiológicos) producidos por las alteraciones en la trayectoria debidas al agente tóxico. La diferencia entre ambos tipos de información tiene que ver con el nivel de comprensión del fenómeno. Por simplicidad, en la evaluación de riesgos se utiliza básicamente la información de los modos de acción, pues la que se obtendría de los mecanismos requeriría ejercicios de indagación mucho más complejos y costosos (White *et al.* 2008).

A su vez, en la evaluación de riesgos hay dos tendencias generales que respaldan la pertinencia de la información mecanística. Ambas tienen objetivos diferentes y dan cuenta de la variedad y diversidad de usos (Clewell 2005) de la información mecanística.

Según la primera, la información mecanística es crucial para fundamentar empíricamente las guías de inferencia y los modelos de extrapolación y, por lo tanto, para decidir entre alternativas. Esto es, la información mecanística permite someter a contrastación empírica las guías de inferencia (Luján, Todt &

Bengoetxea 2012). La idea subyacente es que la información sobre los sucesos que conducen a una enfermedad causada por una sustancia es pertinente para seleccionar el modelo que relaciona la dosis con la respuesta. Por ejemplo, a menudo resulta imposible saber si a bajas dosis una sustancia causa los mismos efectos que han sido observados a altas dosis, por lo que es necesario decidir entre diferentes modelos de extrapolación (Clewell 2005). Este uso de la información mecanística ha sido defendido principalmente para cuestionar los modelos lineales de extrapolación.

La segunda tendencia utiliza la información mecanística en relación con los estándares de prueba en la evaluación de riesgos. Se trata de la propuesta del uso de la extrapolación inter-química que posibilita el establecimiento de categorías de sustancias químicas sobre la base de factores de equivalencia tóxica. Así, si se desconocen los efectos de una sustancia, pero ésta posee el mismo mecanismo de acción que otra cuyos efectos están bien establecidos, se puede presuponer que las dos comparten los mismos efectos (Clewell 2005). Esto permite categorizar los mecanismos de toxicidad en diversos tipos: genotóxicos, epigenéticos, citotóxicos, etc. Este uso de la información mecanística ha sido defendido con la finalidad de evitar procesos de evaluación de riesgos intensivos en tiempo y recursos y, por lo tanto, de poder regular más rápidamente (Cranor 2011).

Hay tres grupos de criterios que se aplican por parte de las agencias gubernamentales –al menos las norteamericanas– en la evaluación de los datos mecanísticos empleados en valoraciones del riesgo. Los más estrictos aparecen en las guías de la EPA para la evaluación del riesgo carcinógeno, y se conocen como ‘criterios de umbral de la respuesta de dosis’, dado que son necesarios para diferenciar carcinógenos de umbral y de no umbral (Borgert *et al.* 2004, p. 89<sup>1</sup>). La EPA apenas exige una caracterización completa del ‘mecanismo’ de acción –es decir, la descripción de cada suceso molecular en la trayectoria de toxicidad–, pero sí lo hace respecto del ‘modo’ de acción. Define éste según tres elementos, entre los que insistimos en destacar el primero: (i) la información mecanística de ciertos niveles de organización biológica (es decir, una caracterización farmacodinámica detallada), (ii) la caracterización del metabolismo y de la distribución de la sustancia química en el organismo o en el ecosistema (es decir, una caracterización farmacocinética) y (iii) la satisfacción de los

1 En su informe de 1999, la EPA de los EEUU exigía criterios diferentes y no tan exigentes a la hora de identificar sustancias químicas que compartan un mecanismo común de toxicidad para puntos-finales no cancerígenos. En dicho informe, la expresión ‘mecanismo de toxicidad’ se emplea para definir estas líneas-guía, si bien sólo exige que los pesticidas y otras sustancias químicas produzcan el mismo efecto tóxico por parte de los mismos sucesos bioquímicos principales inductores.

criterios de Hill (1965) para demostrar una conexión causal entre los pasos mecanísticos.

Los criterios señalados apuntan a la obtención de información sobre la base de los mecanismos y de las explicaciones en ellos basadas. En realidad, se trataría de información obtenida sobre todo a partir del examen de modos de acción, no tanto de los propios mecanismos, a pesar de que casi siempre se emplea este último término. Pero la cuestión clave para la evaluación de riesgos no es la terminología, sino ver si los criterios constituyen una base suficiente para obtener información que permita predecir la toxicidad de las mezclas. Y a pesar de las carencias detectadas en todos los grupos de criterios (*cf.* Borgert *et al.* 2004, p. 90), hay que resaltar que todos ellos consideran casi exclusivamente los modos de acción para sustancias químicas únicas, y no tanto los mecanismos por medio de los cuales las sustancias químicas podrían interaccionar, dado que identificar el modo de acción es menos exigente que caracterizar secuencias mecanísticas completas.

#### IV. MODELOS Y BOSQUEJOS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

Esta imagen compleja y flexible de los modos de acción constituye un factor favorable para nuestro análisis de la noción de información mecanística, pero también el germen de un problema que requiere un tratamiento adecuado: la determinación de cuándo una hipótesis, dependiente de la información de un modo de acción, es suficientemente detallada para una aplicación particular —o problema del establecimiento de estándares de prueba para la evaluación de riesgos. No se ha de olvidar que la plausibilidad de obtener e interpretar los datos mecanísticos requeridos (*información mecanística*) es un elemento crítico para considerar si los enfoques mecanísticos mejorarán o no la base científica de la evaluación del riesgo. Aunque identificar el modo de acción sea menos exigente que caracterizar la secuencia mecanística completa, tampoco es fácil obtener e interpretar aquel conjunto de datos, más laxo, para la mayoría de sustancias. Entre las dificultades potenciales, cabría resaltar que por lo general hay poca información mecanística en el caso de muchas sustancias químicas, lo cual hace incierta la caracterización de los modos de acción; o que muchas sustancias producen diferentes efectos en diferentes niveles de dosis, lo cual hace que la caracterización del modo dependa en gran medida de la dosis; o que muchas otras causan múltiples efectos por medio de mecanismos diferentes, incluso con el mismo nivel de dosis, lo cual oscurece los vínculos causales entre los pasos y los efectos mecanísticos clave.

Consideramos que el análisis contrastivo que proponemos sirve para responder a este reto con una propuesta que aúna el análisis de las explicaciones basadas en mecanismos y el de la evaluación de riesgos en una dinámica de mejora por retroalimentación. En particular, consideramos que hay dos nociones



especialmente significativas, los ‘modelos de realidad’ (*how-actually*) (Craver 2006, p. 361) y los bosquejos (*sketches*) (Machamer, Darden, Craver 2000, p. 18), incorporadas en una red de varios conceptos y vinculadas a dos distinciones normativas que aparecen implícitas en las prácticas de construcción y evaluación de EBM (Craver 2007, p. 112). Un enfoque adecuado de la explicación mecanística debería ayudarnos a entender cómo se establecen ambas. Veamos las dos distinciones:

Distinción 1ª: El enfoque propuesto debería contar con los recursos adecuados para distinguir entre ‘modelos de posibilidad’ (*how-possibly*), ‘modelos de plausibilidad’ (*how-plausible*) y ‘modelos de realidad’ (*how-actually*). Los modelos de posibilidad tienen propósitos explicativos, si bien sólo son conjeturas apenas constreñidas acerca del tipo de mecanismo que podría ser suficiente para producir el fenómeno que se quiere explicar (*explanandum*). Describen cómo un conjunto de partes y actividades se podría organizar conjuntamente tal que exhibiera el fenómeno *explanandum*. Pero podría ser que no supiéramos si las partes conjeturadas existen o, si resulta que sí, si son capaces de involucrarse en las actividades que se les atribuyen en el modelo (Craver 2006, p. 361). Los modelos de posibilidad a menudo son heurísticamente útiles para construir y explorar el espacio de los mecanismos posibles, aunque no sean explicaciones adecuadas.

Por su parte, a medida que los modelos de posibilidad se desarrollan, el investigador se aproxima a modelos más factibles, los de plausibilidad, que incluyen más detalles y constricciones mejor definidas que los modelos anteriores, aunque aún dejen indefinidos o ambiguos aspectos pertinentes del modelo mecanístico. Por último, los modelos reales son los que describen componentes, actividades y rasgos organizativos reales del mecanismo que de hecho produce el fenómeno. Muestran cómo funciona el mecanismo (*factor descriptivo*), no sólo cómo podría funcionar (*factor hipotético*) (Craver 2006, p. 361). Sin embargo, esto no implica que se incluyan en el modelo todas las partes y entidades del mecanismo; las relevantes son las que interesan, y el interés dependerá del uso y del contexto (*factor pragmático*).

Distinción 2ª: El enfoque de la explicación basada en mecanismos debería distinguir entre *bosquejos* de mecanismo y *modelos* completos. Un bosquejo (*sketch*) es un modelo incompleto del mecanismo que caracteriza algunas partes, actividades o aspectos de su organización, pero deja vacíos o brechas; son elementos que aún no sabemos cómo rellenar (Machamer, Darden, Craver 2000, p. 18). A veces los vacíos aparecen indicados en diagramas visuales con cajas negras o signos de interrogación aunque, de un modo más problemático, en ocasiones aparecen enmascarados bajo términos de relleno que crean la ilusión de que la explicación es completa cuando no lo es. Una lista típica de términos de relleno en ciencias es la siguiente: «activar», «inhibir», «codificar», «producir»,

«procesar» y «representar» (Robins & Craver 2009). Todos estos términos se refieren a alguna actividad en un mecanismo, pero sin detallar exactamente qué actividad desempeña tal papel. Son en realidad el foco de investigaciones futuras (Bechtel 2007, p. 271); es decir, términos inocuos siempre y cuando ocupen el lugar de un trabajo futuro que ya se avanza y de cuyos términos de relleno se dice que serán sustituidos por alguna propiedad, entidad, actividad o mecanismo almacenados –es decir, que son parte aceptada del almacén *óptico* de una ciencia–, tal y como sucede con «codificar» en el caso del DNA. Claro que si los términos de relleno se emplean para tapar fallos de comprensión, en ese caso sí que son obstáculos serios para el progreso de una explicación y entonces tan sólo tenemos la ilusión de que comprendemos (Craver 2007, p. 113).

Por otro lado, entre los bosquejos y las descripciones completas encontramos los esquemas de mecanismo, cuya tarea sólo se comprende parcialmente. El esquema de un mecanismo es una descripción abstracta ‘truncada’ de un mecanismo que se puede ‘rellenar’ con descripciones de partes y actividades componentes ya conocidas (Machamer, Darden, Craver 2000, p. 15). Ambos, los bosquejos y los esquemas, representan tipos de un mecanismo, no tanto algún caso específico. Son un continuo desde modelos rudimentarios hasta descripciones completas ideales. Las descripciones completas ideales representan el ‘mapeo’ unívoco de todo aspecto de un fenómeno, si bien obtenerlas es tarea casi imposible. Es más, se podría afirmar que las descripciones ideales completas son probablemente inútiles debido a su intratabilidad en términos de manipulación, predicción y control del fenómeno investigado (Robins & Craver 2009).

Los bosquejos y los esquemas proporcionan al científico representaciones abstractas de un mecanismo que se pueden aplicar a fenómenos específicos por medio de ejemplificaciones. Darden (2006, p. 284) define la «ejemplificación» como el acto de suministrar valores para las variables de un esquema. Hemos de tener en cuenta que en las explicaciones se emplean más las variables que los parámetros estrictos (Woodward 2003, p. 234).

Un modelo mecanístico se puede concebir por tanto como un análogo a una fórmula matemática que suministra variables para un tipo específico de fenómeno. Los valores para las variables están determinados por el fenómeno específico al que se esté aplicando el modelo y, dado que éste es una representación del mecanismo que causa un fenómeno dado, el modelo en realidad es una explicación causal, aunque generalizada y abstracta.

## V. CONCLUSIÓN

En este trabajo hemos examinado el concepto de información mecanística utilizado en la evaluación de riesgos mediante las aportaciones que proceden del análisis de las explicaciones mecanísticas en la filosofía de la ciencia. En la evaluación de riesgos se distinguen dos tipos de información mecanística,

los modos de acción y los mecanismos de acción. Esta distinción encaja bien con la diferencia entre explicaciones basadas en mecanismos etiológicas y constitutivas. Desde una perspectiva normativa, la distinción entre modelos de posibilidad, de plausibilidad y de realidad puede utilizarse para valorar la información mecanística.

En la evaluación de riesgos, la información mecanística más común es la relativa a los modos de acción. Como hemos visto, se trata de una secuencia de episodios clave que conducen desde la exposición hasta la aparición de un determinado fenómeno (e.g., enfermedad). Esta es una información incompleta que parece adecuarse a los denominados bosquejos de mecanismos antes que a los modelos completos. Los mecanismos de acción en la evaluación de riesgos sí podrían considerarse modelos completos. Por lo tanto, en relación con la información mecanística aparece también el problema del establecimiento de los estándares de prueba, en este caso relativo al nivel de detalle que el modelo del mecanismo ha de incorporar. Dado que la evaluación de riesgos es una actividad científica con un propósito concreto, parece claro que los factores pragmáticos son importantes.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEATTY, J. 1995: «The evolutionary contingency thesis», en G. Wolters, J. Lennox (eds.), *Theories and rationality in the biological sciences: The second Annual Pittsburgh/Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 45-81.
- BECHTEL, W. 2007: «Biological mechanisms: Organized to maintain autonomy», en F. Boogerd, F.J. Bruggeman, J-H.S. Hofmeyr, H.V. Westerhoff (eds.), *Systems Biology: Philosophical Foundations*. Nueva York: Elsevier, pp. 269-302.
- BECHTEL, W.; ABRAHAMSEN, A. 2005: «Explanation: A Mechanistic Alternative», *Studies in History and Philosophy of the Biological and Biomedical Sciences*, 36, pp. 421-441.
- BORGERT, C. J.; QUILL, T. F.; McCARTY, L. S.; MASON, A. M. 2004: «Can mode of action predict mixture toxicity for risk assessment?», *Toxicology and Applied Pharmacology*, 201, pp. 85-96.
- BREWER, W. F.; CHINN, C.A.; SAMARAPUNGAUAN, A. 2000: «Explanation in Scientists and Children», en F.C. Keil, R.A. Wilson (eds.), *Explanation and Cognition*. Cambridge: The MIT Press, pp. 279-298.
- CARTWRIGHT, N. 1999: *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_, 1983: *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Clarendon Press.

- CLEWELL H. 2005: «Use of mode of action in risk assessment: past, present, and future», *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 42, pp. 3–14.
- CRANOR, C. 2011: *Legally Poisoned: How the Law Puts Us at Risk from Toxicants*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- \_\_\_\_\_, 1993: *Regulating Toxic Substances: A Philosophy of Science and the Law*. Oxford: Oxford University Press.
- CRAVER, C.F. 2006: «When Mechanistic Models Explain», *Synthese*, 153, pp. 355-376.
- \_\_\_\_\_, . 2007: *Explaining the Brain: Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*. Oxford: Clarendon Press.
- DARDEN, L. 2006: *Reasoning in Biological Discoveries: Mechanisms, Interfield Relations, and Anomaly Resolution*. Nueva York: Cambridge University Press.
- DELLARCO, V.L.; WILTSE, J.A. 1998: «US Environmental Protection Agency's revised guidelines for Carcinogen Risk Assessment: incorporating mode of action data», *Mutation Research*, 405, pp. 273-277.
- GIERE, R. 1999: *Science without Laws*. Chicago, Ill.: University of Chicago Press.
- HILL, A.B. 1965: «The Environment and Disease: Association or Causation?», *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 58, pp. 295-300.
- LÓPEZ CERESO, J.A.; LUJÁN, J.L. 2000: *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza.
- LUJÁN, J.L. 2005: «Metascientific analysis and methodological learning in regulatory science», en W.J. González (ed.), *Science, Technology and Society: A Philosophical Perspective*, La Coruña: Netbiblo, pp. 83-105.
- LUJÁN, J.L.; TODT, O.; BENGOTXEA, J.B. 2012: «Las reglas de inferencia como hipótesis empíricas: La información mecanística en la evaluación de riesgos», en C. Martínez, J.L. Falguera, J.M. Sagüillo, V.M. Verdejo, M. Pereira-Fariña (eds.), *Actas del VII Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, Santiago de Compostela: USC, pp. 626-630.
- MACHAMER, P.; DARDEN, L.; CRAVER, C.F. 2000: «Thinking about Mechanisms», *Philosophy of Science*, 67, pp. 1-25.
- ROBINS, S. K.; CRAVER, C.F. 2009: «Biological Clocks: Explaining with Models of Mechanisms», en J. Bickle (ed.), *Oxford Handbook of Philosophy and Neuroscience*, Londres: Oxford University Press, Cap. 2.
- ROSENBERG, A. (1994): *Instrumental Biology or the Disunity of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- SALMON, W. (1989): *Four Decades of Scientific Explanation*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- \_\_\_\_\_, 1984: *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- SCHLOSSER, P. M.; BOGDANFFY, M. S. 1999: «Determining Modes of Action for Biologically Based Risk Assessments», *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 1, pp. 75-79.

- SUPPE, F. 1977: «The search for philosophical understanding of scientific theories», en F. Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana: University of Illinois Press, pp. 3–241.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) 2003: *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment*. Washington, DC: Risk Assessment Forum: U.S. Environmental Protection Agency. EPA/630/P-03/001A.
- WHITE, R.H.; COTE, I.; ZEISE, L.; FOX, M.; DOMINICI, F.; BURKE, T.A.; PAUL D. WHITE, P.D.; HATTIS, D.B.; SAMET, J.M. 2008: «State-of-the-Science Workshop Report: Issues and Approaches in Low-Dose—Response Extrapolation for Environmental Health Risk Assessment». EHP: Environmental Health Perspectives.  
[ehp03.niehs.nih.gov/article/info:doi/10.1289/ehp.11502].
- WOODWARD, J. 2003: *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*. Oxford: Oxford University Press.

JUAN BAUTISTA BENGOTXEA ha sido investigador de Colorado School of Mines (EEUU) y en la actualidad es Profesor del Departamento de Filosofía de la Universitat de les Illes Balears.

Líneas de investigación:

Estudio de los mecanismos y la explicación en la práctica científica (química), el análisis ético de las prácticas en ingeniería y el examen de usos lingüísticos en ciencia y tecnología

*Publicaciones recientes:*

(2006, con C. Mitcham) «Culture and Technology in Spain: From Philosophical Analysis to STS», *Technology and Culture*.

(2010, con C. Mitcham) *Ética e ingeniería*.

*Dirección electrónica:* juanbautista.bengoechea@uib.cat

JOSÉ LUIS LUJÁN es Catedrático del Departamento de Filosofía de la Universitat de les Illes Balears.

*Línea de investigación:*

Análisis filosófico de la evaluación de riesgos y del papel del conocimiento científico en la regulación en ciencia y tecnología.

*Publicaciones recientes:*

(2012, con A. Muñoz y C. Moreno) «Who is willing to pay for science? On the relationship between public perception of science and the attitude to public funding of science», *Public Understanding of Science*.

(2012, con J.A. López Cerezo) «Ciencia y valores en la regulación del cambio tecnológico»,

*Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía.*

*Dirección electrónica:* jl.lujan@uib.es

OLIVER TODT es Profesor Titular del Departamento de Filosofía de la Universitat de les Illes Balears UIB.

*Líneas de investigación:*

Conflictos sociales relacionados con la regulación en ciencia y tecnología, y gobernanza de la tecnología por múltiples actores.

*Publicaciones recientes:*

(2008, con J.L. Luján) «A new social contract for technology? On the policy dynamics of uncertainty», *Journal of Risk Research*. y

(2012, con J.L. Luján) «Precaution: A taxonomy», *Social Studies of Science*.

*Dirección electrónica:* oliver.todt@uib.es

# *Niveles de superveniencia y expectativas reduccionistas en biología*

## *Levels of supervenience and reductionist prospects in Biology*

GUSTAVO CAPONI

*Departamento de Filosofía*

*Universidad Federal de Santa Catarina // CNPq (Brasil)*

Recibido: 13-12-2012

Aprobado definitivamente: 22-2-2013

### RESUMEN

La existencia de propiedades biológicas supervenientes a las propiedades físicas no invalida el desarrollo de programas de investigación biológica de corte reduccionista como el de la Biología Molecular. La existencia de tales propiedades deja margen para el desarrollo de programas de investigación biológica que no asuman ese enfoque, pero no deslegitima los resultados obtenidos por programas que sí lo hacen. Sin embargo, reconocer que existen distintos grados de superveniencia, puede ayudarnos a determinar en dónde es dable esperar que la molecularización de la Biología genere lucros cognitivos efectivos y dónde es de temer lo contrario.

### PALABRAS-CLAVE

FISICALISMO, BIOLOGIA MOLECULAR, REDUCCIONISMO, SOBREVINIENCIA

### ABSTRACT

The existence of biological properties that supervene on physical properties, do not invalidate the development of reductionist biological research programs such as Molecular Biology. The existence of such properties leaves room for the development of biological research programs that do not take that approach, but it does not annul results obtained by programs that follow that reductionist approach. However, recognizing that there are different degrees of supervenience,

can help us to determine where we should expect that the molecularization of Biology could generate cognitive profits and where we shouldn't expect that.

KEYWORDS

MOLECULAR BIOLOGY, PHYSICALISM, REDUCTIONISM, SUPERVENIENCE

EL PRESENTE TRABAJO PERSIGUE DOS OBJETIVOS: sugerir que es posible establecer comparaciones de niveles, o de grados, de *sobreviniencia*; y apuntar la posibilidad de que dichas comparaciones den indicios sobre dónde, en qué frentes de investigación biológica, se puede suponer que la molecularización de la Biología sea capaz de generar progresos teóricamente significativos. O dicho de otro modo: reconocer, aunque sea de un modo vago e informal, que existen distintos grados de *sobreviniencia*, puede ayudarnos a determinar en qué dominios de las ciencias de la vida cabe esperar que la molecularización de la Biología fomente el planteamiento de problemas solubles relevantes, generando así lucros cognitivos efectivos y significativos, y en qué dominios es de temer que esa estrategia de investigación lleve a las ciencias de la vida por vías muertas en donde el rigor de los recursos metodológicos desplegados no se refleje en la relevancia de los resultados obtenidos.

Así, después de presentar el modo clásico de entender tanto la propia idea de *sobreviniencia*, como su relación con la cuestión del reduccionismo, esbozaré una versión gradual, o comparativa, de dicha noción. Y será a continuación que intentaré mostrar cómo es que ella puede permitirnos reformular la manera en la que hasta ahora ha sido defendida la legitimidad epistemológica de esos programas de investigación que responden a objetivos cognitivos ajenos al enfoque molecular de los fenómenos biológicos. Quiero mostrar que, en lugar de llevarnos a defender estos últimos programas impugnado los resultados que puedan obtenerse siguiendo la vía reduccionista, la idea de *grados de sobreviniencia* puede permitirnos justificar la expectativa, o la sospecha, de que, en algunos casos, esa última vía de investigación no va a llevarnos demasiado lejos, y no va a producir tales resultados.

Recordando el *Curso de filosofía para científicos* de Althusser, se puede decir que asumir o no una perspectiva reduccionista, es comprometerse o dejar de comprometerse con una línea de acción en el campo de la teoría –en el campo de la *práctica teórica* diría el propio Althusser–; y la idea de *grados de sobreviniencia* puede ayudarnos a evaluar la corrección (epistémica, claro)



de ese compromiso.<sup>1</sup> Pero no su corrección en un sentido abstracto, metafísico y a-histórico; sino su corrección en un sentido concreto y por referencia a una coyuntura particular en la historia de una ciencia. La idea de *grados de sobreviniencia* puede ayudarnos a determinar si, en un momento determinado del desarrollo de una disciplina biológica, comprometerse con un programa de investigación de corte reduccionista va a generar genuino progreso teórico, o sólo va a contribuir a la proliferación de datos pocos significativos y de experimentos muy costosos.

### I. UNA CARACTERIZACIÓN CLÁSICA Y GENERAL DE LA IDEA DE SOBREVINIENCIA

La idea de *sobreviniencia*, vale apuntarlo, no tiene que ver únicamente con la relación existente entre propiedades biológicas y propiedades físicas. Ella tiene un sentido más general y puede aplicarse siempre que quiera aludirse a la relación entre propiedades o fenómenos que consideremos como más fundamentales, o básicos, y propiedades o fenómenos que consideremos necesariamente encarnados en esas propiedades o fenómenos más básicos, pero también como irreductibles a ellos. Se puede hablar de la sobreviniencia de las propiedades biológicas en relación a las propiedades físicas; pero también se puede hablar de la sobreviniencia de los fenómenos mentales en relación a los fenómenos neurofisiológicos.<sup>2</sup> Y es justamente para expresar más claramente esa tensión entre *encarnación*, o *materialización*, e *irreductibilidad*, que la noción de *sobreviniencia* fue amonedada y puesta en circulación.

Así, tomada en esa generalidad que permite recurrir a ella para hablar tanto de la relación existente entre propiedades físicas y propiedades biológicas, como de la relación entre fenómenos mentales y fenómenos cerebrales, pero también de cosas como la relación que puede haber entre propiedades o fenómenos atómicos, y propiedades o fenómenos moleculares, creo que la idea de *sobreviniencia* ha sido generalmente usada según esta regla: *Una propiedad X sobreviene a una configuración Y de propiedades más básicas, si y solamente si, [1] X está presente siempre que Y esté presente, y [2] X puede estar presente aun cuando Y no está presente.* Así, cuando aplicada al caso específico de la relación entre propiedades biológicas y propiedades físicas, esa regla cobra la siguiente forma: *Una propiedad biológica B sobreviene a una configuración F de propiedades físicas, si y solamente si, [1] B está presente siempre que F esté presente, y [2] B puede estar presente aun cuando F no está presente.*<sup>3</sup>

Pero, si el *modo material* en el que está siendo enunciada la noción de *sobreviniencia* nos incomoda, se puede buscar una traducción de la misma en el

1 L. Althusser 1974, p. 14.

2 E. Sober 1993, p. 73.

3 Al respecto, ver: E. Sober 1984, pp. 49-50; P. Lipton 2008, p. 117.

*modo formal de hablar.* Hay una posible acepción de la idea de *sobreviniencia* bajo cuya consideración ella calificaría relaciones entre predicados antes que relaciones entre propiedades. Distinguiendo entre predicados propios de lo que consideremos una teoría o un discurso más básico y general, y predicados de lo que consideremos una teoría o un discurso menos básico y más específico, esta acepción epistemológica, y no ontológica, del concepto de *sobreviniencia* podría ser enunciada de la siguiente manera: *En un contexto teórico T, un predicado P sobreviene a un predicado R de carácter más básico, si y solamente si, [1] en T, P debe predicarse de un individuo X siempre que R se predique de X, y [2], aun en T, P puede predicarse de otro individuo Z aun cuando R no pueda predicarse de Z.*

Así, aplicado al caso específico de la relación entre predicados biológicos y predicados físicos, ese modo epistemológico de entender la idea *sobreviniencia*, es pasible de ser pensado como obedeciendo a esta regla: *Un predicado biológico B sobreviene a un predicado físico F, si y solamente si, [1] B debe predicarse de un individuo X siempre que F se predique de X, y [2], aun en T, P puede predicarse de otro individuo Z aunque F no pueda predicarse de Z.* La idea, en definitiva, es que no pueden establecerse diferencias biológicas si no existen diferencias físicas con las cuales correlacionarlas, pero que sí pueden establecerse semejanzas biológicas aun cuando no quepa, o no sea teóricamente relevante, establecer semejanzas físicas que justifiquen o le den soporte a esas semejanzas de índole específicamente biológica. No hay diferencia biológica sin diferencia física; pero si puede haber semejanza biológica sin semejanza física que la soporte.<sup>4</sup>

## II. SOBREVINIENCIA Y COMPROMISO REDUCCIONISTA

Esa generalidad de la noción de *sobreviniencia* explica que ella haya podido ser usada tanto en el dominio de la Filosofía de la Mente como en el dominio de la Filosofía de la Biología; y siempre con intenciones análogas. La noción de *sobreviniencia* sirve, como acabo de decir, para caracterizar la relación entre, por una parte, procesos y estados mentales y, de otra parte, procesos y estados cerebrales. Pero ella tampoco deja de servir, como también acabo de decir, para examinar la relación existente entre, por un lado, propiedades y descripciones *específicamente biológicas* y, por otro lado, propiedades y descripciones moleculares de los seres vivos. Pero, tanto en un caso como en el otro la noción de *sobreviniencia* ha operado siempre en el mismo sentido:<sup>5</sup> como un recurso para justificar lo que cabe describir como “un fisicalismo libre de compromi-

4 E. Sober 2010, p. 226.

5 A. Diéguez 2012, pp. 192-4.

sos reduccionistas”<sup>6</sup> o como un “fiscalismo no reductivo”.<sup>7</sup> Y ahí ya hay una ambigüedad: porque ‘estar libre de compromisos reduccionistas’ puede simplemente significar que se está desobligado de tener que asumir una posición reduccionista, como también puede significar que se está libre de los errores del reduccionismo. En este último caso, la idea de *sobreviniencia* serviría para indicar que la propia ontología fiscalista es refractaria al reduccionismo.

Pero, si se acepta el tratamiento que Elliot Sober le dio a la relación existente entre sobreviniencia y reduccionismo en el caso específico de la Biología,<sup>8</sup> se llega a la conclusión de que reconocer que existen propiedades biológicas que son sobrevinientes a las propiedades moleculares de los organismos, no implica que los programas de investigación biológica de corte reduccionista sean inviables o ilegítimos. La idea de *sobreviniencia*, conforme Sober la presenta, no serviría para poner en evidencia los errores del reduccionismo y para mostrarnos que el propio fiscalismo nos obliga a apartarnos de ellos. Aun sin invalidar los programas de investigación no-reduccionistas, el análisis que Sober deja abierta la posibilidad de que, a la larga, los programas de investigación que sí sean reduccionistas, se impongan y triunfen en todos los frentes de las ciencias de la vida. La aceptación de esa sobreviniencia, podemos decir, sólo nos exonera de la obligación de tener que comprometernos, aquí y ahora, con tales programas; y eso, sin ser poca cosa, es bastante menos que aquello que los anti-reduccionistas normalmente esperaban de esa idea.<sup>9</sup> Ellos querían que ella sirviese para decretar, *ab initio*, la falencia del reduccionismo.

Es decir: aceptar que existen propiedades biológicas que son sobrevinientes a las propiedades moleculares de los organismos, nos permite asumir el fiscalismo sin por eso desestimar la legitimidad epistemológica, y la posible relevancia cognitiva, de programas de investigación pautados por preguntas que no sean pasibles de ser respondidas en términos de Biología Molecular. Pero eso no es lo mismo que postular un límite infranqueable para la búsqueda de explicaciones moleculares de los fenómenos orgánicos. En algún sentido, podríamos incluso pensar, todo se reduce a lo siguiente: el fiscalismo le promete el mundo a los programas de corte reduccionista; pero la idea de *sobreviniencia* parece relativizar esa promesa o tolerar el aplazamiento indefinido de su concreción, alentando así la apuesta en líneas de investigación que no sean reduccionistas.<sup>10</sup> En definitiva, se podría también pensar, el recurso a la idea

6 J. Kim 1995, p. 46.

7 P. Abrantes 2011, p. 21.

8 E. Sober: 1993, p. 76; 1999, p. 560.

9 A. Diéguez 2012, p. 191.

10 E. Sober 1993, p. 74.

de *sobreviniencia* sólo nos brinda algo así como una *salida negociada* para la *querrela del reduccionismo*.

Una salida que deja la solución de la cuestión librada a lo que el propio devenir de la Biología pueda decirnos sobre ella. Cosa que, por otra parte y vista desde cierto ángulo, no parece estar nada mal. Decidir a priori hasta dónde puede llegar un emprendimiento cognitivo en pleno desarrollo, y por dónde habrá de hacerlo, parece ser algo que escapa a las posibilidades de una reflexión epistemológica que no quiera arrogarse conocimientos *transcientíficos* y que, por eso, tampoco quiera verse enredada, como muchas veces ocurre, en divagaciones metafísicas sobre la naturaleza íntima de lo real. Será el propio futuro de la Biología el que nos dirá si el enfoque molecular puede desarrollarse y progresar al punto de tornar ociosos todos los demás modos de enfocar a los fenómenos biológicos; o si, en lugar de eso, continuará existiendo margen y motivo para el desarrollo de emprendimientos cognitivos que no obedezcan a ese punto de vista reduccionista.

De todos modos, y más allá de lo saludable y conveniente que pueda resultar la adopción de ese agnosticismo filosófico sobre cuestiones que compete a la ciencia resolver, yo pienso que la idea de *sobreviniencia* puede servirnos para algo más que para justificar esa salida negociada, o diferida, de la querrela del reduccionismo. Ella, como dije, puede ayudarnos a la hora de juzgar posiciones y decisiones que deben tomarse actualmente en el desarrollo de las ciencias de la vida: posiciones y decisiones que tienen que ver con comprometerse, o dejar de comprometerse, con agendas de investigación que sean, o no sean, de corte reduccionista. La idea de *sobreviniencia* puede servirnos para juzgar la legitimidad que tienen las agendas de investigación que no siguen el vector epistemológico de la Biología Molecular; y ella también puede servirnos para estimar los lucros cognitivos que cabe esperar de esos programas de investigación que sí intenten seguir tales lineamientos.

Pero, para que la noción de *sobreviniencia* pueda operar de esa forma, hay que aceptar su uso comparativo asumiendo que las propiedades sobrevinientes a las propiedades físicas no son, todas ellas, sobrevinientes en un mismo grado. Hay que reconocer que la *sobreviniencia*, en general –de lo biológico a lo físico, de lo psíquico a lo cerebral, o de lo molecular a lo atómico–, no es una cuestión de todo o nada, no es una cuestión de 0 a 1; y reconociendo eso se puede pensar en establecer comparaciones de niveles o de grados de *sobreviniencia*.<sup>11</sup> Siendo esos niveles de *sobreviniencia* los que habrán de darnos indicaciones sobre dónde, en que subdominio de las ciencias de la vida, es dable esperar que la molecularización de la Biología genere progreso teórico y en dónde es dable esperar que ocurra lo contrario. O dicho de otro modo: reconocer, aun cuando sea de

11 J. Yoshimi 2012, p.377 y ss.

un modo vago e informal, que existen distintos grados de sobreviniencia, puede ayudarnos a determinar en dónde dable esperar que la molecularización de la Biología genere problemas solubles y en dónde es de temer que ella nos obligue a conformarnos con un cuestionario mucho menos ambicioso e interesante que aquél que se podía encarar asumiendo una perspectiva no-reduccionista.

### III. COMPARACIONES DE SOBREVINIENCIA Y GRADOS DE REDUCTIBILIDAD

La idea de *sobreviniencia*, como vimos, conlleva dos elementos; el primero de los cuales puede ser formulado como si fuese la enunciación de un fisicalismo mínimo e innegociable que, a primera vista, parece obligarnos al reduccionismo explicativo: *no hay diferencia sin diferencia física*. Sin obligarnos a aceptar que las leyes o generalizaciones biológicas puedan ser un día transformadas en teoremas de las leyes físicas, ese fisicalismo mínimo parece comprometernos con la idea de que todo objeto o fenómeno biológico es descriptible y analizable en términos físicos o químicos y que, consecuentemente, todo fenómenos biológico, a la larga, podrá ser explicado en esos mismos términos.<sup>12</sup> Pero, el segundo elemento de la idea *sobreviniencia*, sin menoscabar ese *fisicalismo mínimo*, parece exonerarnos de las consecuencias metodológicas que este último parece imponernos: la presunción de que *puede haber semejanza sin semejanza física* deja margen para la adopción de perspectivas explicativas que no estén fundadas en conocimientos puramente físicos o químicos.

La idea de *sobreviniencia*, en definitiva, se juega en esa tensión: *no hay diferencia sin diferencia física, pero puede haber semejanza sin semejanza física*;<sup>13</sup> y las propiedades sobrevinientes son las que expresan esas semejanzas sin correlato físico. Son las propiedades sobrevinientes, para decirlo de otro modo, las que permiten delinear clases naturales que no tienen un referente físico acotado y definido;<sup>14</sup> y esas clases naturales, a su vez, permiten reconocer invariantes causales explicativamente relevantes.<sup>15</sup> Invariantes que justamente por el hecho de estar referidos a semejanzas no-físicas, serían difícilmente identificables por los ojos del físico.<sup>16</sup> Soy consciente de que digo ‘difícilmente identificables’; y no digo ‘imposibles de ser identificados’.

Dos fenotipos posibles, en dos especies diferentes, pueden ser caracterizados como teniendo la misma *eficacia darwiniana*, aun cuando esas especies sean físicamente tan diferentes cuanto pueden serlo un ratón y una mariposa;<sup>17</sup> y dos

12 S. Martínez 2011, pp.38-9.

13 A. Rosenberg 1985, p.113; J. Kim 1996, p.10; E. Sober 1984, pp.49-50.

14 A. Rosenberg & D. McShea, 2008, p.114.

15 J. Woodward 2001, p.5.

16 J. Woodward 2008, p.260.

17 A. Rosenberg: 1985, pp.164-5.

órganos pueden ser caracterizados como ojos aun cuando su estructura física, y el modo de registrar imágenes que uno y otro tengan, sean tan diferentes cuanto pueden serlo el ojo de un pulpo y el ojo de un halcón. Pero ya en esos dos ejemplos se insinúa una diferencia que no parece muy difícil de enunciar: *ojo* o *visión* son conceptos que parecen físicamente más acotados, físicamente más fácilmente delimitables, que *eficacia darwiniana*; aun cuando pueda pensarse que ese acotamiento, esa sinuosa línea que delimita la extensión física de lo que un ojo y la visión pueden ser, no sea, ni por aproximación, lo único que tengamos que conocer para poder entender qué es un ojo y qué es la visión.

*Ver*, ciertamente, es algo que puede ser hecho por estructuras que son físicamente muy diferentes; y lo mismo ocurre con *digerir*. Sin embargo, esa analogía funcional que se establece entre estructuras físicamente tan disímiles como pueden serlo el ojo de un pulpo y el ojo de un halcón, o entre el rumio de una vaca y el buche de una cucaracha, supone, pese a todo, un cierto grado de semejanza física que no puede ignorarse. Un ojo y un estómago son sistemas físicamente pluri-realizables; la propiedad de ser un ojo o de ser estómago es, en este sentido, sobreviniente a las propiedades físicas de las estructuras que pueden ser caracterizadas como ojos o estómagos. Pero, aun así, para que algo pueda ser considerado un ojo o un estómago, su funcionamiento normal debe tender a producir ciertos efectos, como registrar imágenes o contribuir en la descomposición de los alimentos ingeridos de forma tal que sus nutrientes puedan ser absorbidos y asimilados por el organismo; y esos efectos no dejan de tener una semejanza físicamente delimitable. Físicamente hablando, *digerir* y *ver* puede ser hecho de muchas formas; pero no cualquier proceso físico puede ser caracterizado como una digestión o como una visión. Hay algo, un conjunto de efectos físicos análogos [que quizá no sea, ni muy simple, ni muy importante, definir de forma precisa] que suponemos presente en todo lo que hemos de llamar ‘digestión’ o ‘visión’.

Pero si *ser un estómago* o *ser un ojo* supone tener algún grado mínimo de semejanza física con otra cosa que también lo sea, a primera vista por lo menos, *tener una eficacia darwiniana 1,5* no parece exigir nada de eso. Ese mismo índice de eficacia puede ser atribuido a una variante presente en una población de cucarachas urbanas y a una variante presente en una población de camarones marinos. Es decir, dos fenotipos tan diferentes cuanto pueden serlo el de una cucaracha y el de un camarón, sometidos a condiciones ambientales tan disímiles como las que cucarachas urbanas y camarones marinos deben enfrentar, pueden presentar una semejanza que no parece atada a ninguna semejanza física que sea relevante apuntar o conocer. Ahí parece haber un grado de sobreviniencia, o de pluri-realizabilidad, mucho mayor que en el caso de una caracterización

funcional de una estructura como la que hacemos cuando decimos que algo es un ojo o un estomago.

No creo, sin embargo, que la realizabilidad variable, o la sobrevivencia, de un índice de *eficacia darwiniana* sea exacta y definitivamente absoluta; es decir: no creo que ella sea totalmente independiente de todo y cualquier substrato de semejanza física. O por lo menos no creo que la aceptación de esa independencia absoluta de cualquier substrato de semejanza física, sea una condición exigida para poder atribuirle un carácter sobreviviente a la *eficacia darwiniana*, o a cualquier otra propiedad o predicado. Walter Bock y Gerd von Wahlert, por ejemplo, propusieron definir el ‘grado de adaptación’ en términos de los recursos energéticos que un ser vivo necesita para realizar su ciclo vital en el nicho ecológico por él ocupado: a menor requerimiento energético, mayor adaptación;<sup>18</sup> y ese modo de pensar, sobre todo en la medida en que se considera que la reproducción es parte del ciclo vital de un ser vivo, podría sugerir una posible delimitación física, ciertamente muy general, del concepto darwiniano de *aptitud*. Otra cosa distinta es saber cuánto es lo que realmente se aprendería con esa delimitación.

Creo, incluso, que nadie se atrevería a afirmar la existencia de una propiedad, atribuible a objetos empíricos, que quepa considerar como ‘infinitamente sobreviviente’ o ‘infinitamente pluri-realizable’. Hasta me permito a decir que, estrictamente hablando, tampoco existen propiedades que sean nulamente sobrevivientes. Creo, en todo caso, que existen propiedades cuya sobrevivencia es despreciable por *aproximarse indefinidamente a cero*; y que, en el otro extremo de la escala, existen propiedades cuya pluri-realizabilidad es tan grande que su delimitación difícilmente llegue a ser cognitivamente relevante. La delimitación física de lo que es un líder carismático no parece interesarle a ningún sociólogo o historiador. Y esa referencia a la relevancia cognitiva también es importante para aclarar la diferencia existente entre decir que algo es un ojo y atribuirle a un fenotipo un cierto índice de eficacia darwiniana. Es que, contrariamente a lo que ocurre con la atribución de una propiedad funcional como *ser un estomago*, la atribución de un índice particular de *eficacia darwiniana* no requiere de un conocimiento, ni siquiera vago o aproximado, del conjunto de propiedades físicas compartidas por todo y cualquier fenotipo al cual quepa atribuirle ese índice de eficacia.

No es que esas propiedades físicas definitivamente no existan; sino que el conocimiento de las mismas, resulta mucho menos relevante que en el caso de una identificación anátomo-funcional. Y ahí, en la consideración simultánea del aspecto ontológico y del aspecto epistemológico de la cuestión, está la clave para darle una forma un poco más clara a la idea de *niveles o grados de sobre-*

18 W. Bock & G. Wahlert [1965] 1998, pp.145-6.

*vinencia que aquí estoy procurando explicitar: dados dos sistemas u objetos, cuando menor sea el grado de semejanza física entre ellos del que depende la correcta atribución de una propiedad común a ambos, y cuando menos relevante sea un conocimiento preciso de esa semejanza para justificar tal atribución, mayor es el grado de sobreviniencia de dicha propiedad. Aunque otra forma de definir esa misma idea también puede ser la siguiente: Dados dos sistemas u objetos, cuanto menos delimitado o especificado esté el conjunto de predicados físicos del que depende la correcta atribución a ambos de un predicado biológico, más sobreviniente será ese predicado.*

“Ser un tubo digestivo” o “ser un organismo fotosintético” son, en este sentido, propiedades *menos sobrevinientes* que “ser una homoplasia” o “ser una adaptación”; y estas dos últimas propiedades son ciertamente *más sobrevinientes*, o más *pluri-realizables*, que “ser una característica mimética” o que “ser un predador”, aun cuando estas últimas lo sean en menor grado que las dos primeras. Y esas comparaciones de grados de sobreviniencia se mantienen idénticas si, en vez de hablar de propiedades hablamos de predicados. Pero, más que esa dualidad, lo que aquí quiero destacar es la relevancia, o la utilidad, que, según he dicho, esa idea de niveles o grados de sobreviniencia puede tener para un mejor planteamiento de la cuestión del reduccionismo. Los niveles de sobreviniencia –lo digo sin pensar que estoy haciendo una gran revelación– denuncian grados de reductibilidad.

Conforme lo apunté al inicio, aceptar que existen propiedades biológicas sobrevinientes a las propiedades físicas no conlleva una condena de las expectativas reduccionistas que podrían estar implicadas en el proyecto de una molecularización integral de la Biología. A lo que esa aceptación conduce, en todo caso y como también ya fue dicho, es a un reconocimiento de la legitimidad de los programas de investigación no-reduccionistas que se desarrollan en Biología. Comprometerse con estos últimos programas, podemos quedarnos tranquilos, no implica ir en contra del fisicalismo; aunque eso no quiera decir, ni suponga creer, que en los fenómenos biológicos exista algo que sea intrínseca e irremediabilmente inabordable desde un enfoque puramente molecular. Es obvio, sin embargo, que existen aspectos o dominios de los fenómenos biológicos que se han mostrado menos permeables que otros a ese enfoque; y es eso lo que, según me parece, puede ser entendido apelando a la idea de niveles o grados de sobreviniencia.

La idea es ésta: aquellos aspectos de los fenómenos biológicos cuya caracterización envuelve propiedades, o predicados, menos sobrevinientes, se prestan más a los desarrollos reduccionistas que aquellos aspectos de dichos fenómenos que pueden ser caracterizados haciendo referencia a propiedades, o predicados, más sobrevinientes. La Neurofisiología sería un buen ejemplo de lo primero y la