
ANÁLISIS DEL MODELO DE EXPLICACIÓN POR MECANISMOS EN LA VERSIÓN DE MACHAMER, DARDEN & CRAVER (2000)

MARTÍN EDUARDO DE BOECK
ABIGAIL PRCHAL

ABSTRACT. ANALYSIS OF MACHAMER, DARDEN & CRAVER (2000) MODEL OF MECHANISTIC EXPLANATION
Models of mechanistic explanation are one of the noteworthy topics in recent philosophy of biology. The study of mechanistic explanations is, on one hand, a consequence of the “practice turn” and, on the other, a development of the different versions of functional analysis. One of the most important and cited articles on this topic is Machamer, Darden & Craver, “Thinking about mechanisms” (2000). We believe that this model could represent a way to break up the complexity of biological systems, as well as to justify a tendency towards higher levels of disciplinary fragmentation in practice. This work pursues a critical analysis of this article based on an example taken from biology.

KEY WORDS. Scientific explanation, mechanisms, scientific practice, practice turn, complexity, entities, activities, dualist ontology, causality, functional analysis.

I. INTRODUCCIÓN

En filosofía de la biología, un área de creciente interés es el de los modelos de explicación por mecanismos. Dentro de la bibliografía sobre este tema, un artículo considerado entre los más importantes y más citados es el de Machamer, Darden y Craver, “Thinking about mechanisms 1” del año 2000 (MCD, 2000). El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis crítico de ese artículo a partir de un ejemplo, la actividad de la hormona antidiurética (ADH).

Esta propuesta de explicación por mecanismos es, en parte, consecuencia del giro “práctico” (Iglesias, 2004; MDC 2000, 2) y, en parte, un desarrollo de las distintas versiones de análisis funcional que se ensayaron en filosofía de las ciencias desde mediados del siglo XX, abocadas mayormente a la caracterización de las explicaciones de diversos procesos (generalmente

Instituto de Epistemología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. / CONICET. / martindeboeck@gmail.com

Instituto de Epistemología, Facultad de Filosofía y Letras./ Neurociencia, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. / aprchal@gmail.com

fisicoquímicos) en ciencias de la vida (Craver, 2001, 54). Desde esta perspectiva, algunos autores consideran que, al menos para las ciencias de la vida, una explicación satisfactoria consiste en la descripción del mecanismo que da cuenta de la ocurrencia de un fenómeno (Machamer, et al., 2002, 2; Craver, 2001, 62; Nicholson, 2012, 157-158). Ahora bien, aunque el problema de la explicación científica en las ciencias de la vida se entrelaza necesariamente con otras nociones que han recibido mucha atención en la historia de la filosofía de la biología, tales como teleología, reduccionismo y emergencia, en este trabajo no serán tratadas de forma directa.

2. PENSAR LOS MECANISMOS

MCD (2000, 3) dan la siguiente definición: “Los mecanismos son entidades y actividades organizadas de tal modo que producen cambios regulares a partir de condiciones iniciales hasta condiciones terminales”. Los puntos sobresalientes del trabajo de MCD pueden resumirse como sigue:

1. La descripción del mecanismo que produce un fenómeno equivale a explicar ese fenómeno. Además, la descripción del mecanismo debe mostrar de qué modo la condición final es producto de las condiciones iniciales a través de una serie de pasos intermedios.
2. Su correcta descripción implica la adopción de una ontología dualista que distinga entre entidades y actividades. Las actividades son las productoras del cambio, y requieren para su desempeño que las entidades posean ciertas propiedades (MCD 2000, 3).

Con el fin de resaltar el carácter dinámico y activo que posee la organización de los sistemas, MCD (2000, 2-6) insisten en distinguir entre las entidades que los componen y las actividades que estas entidades realizan en el contexto del sistema al que pertenecen en virtud de algunas de sus propiedades. Tanto los sistemas como sus componentes realizan acciones, producen cambios de estado, participan activamente en la ocurrencia de procesos, por lo que determinar la función que desempeña un elemento significa identificar qué actividad realiza y con qué tipo de cambios en el sistema está implicado.

Aquí, el término actividad, aunque representa un término técnico, acarrea las connotaciones que posee en el lenguaje ordinario y viene a complementar y precisar la habitual alusión a causas y leyes en las explicaciones científicas. En este sentido, las actividades son tipos específicos de causas y en el discurso científico aparecen cada vez que se apela a verbos como ligar, excitar, presionar, etc. Por otro lado, aunque algunos aspectos de las actividades de los mecanismos pueden describirse apelando a leyes, como la ley de Ohm en los mecanismos del potencial de acción, en otros casos esto no puede realizarse, como en las uniones de las proteínas a re-

giones específicas del ADN. Sin embargo, el concepto de actividad retiene algunas de las características atribuidas usualmente a las leyes, como su carácter regular y no accidental (MDC, 2000, 4-8).

Ahora bien, la preferencia de estos autores por una ontología dualista ² está motivada por las conclusiones a las que han arribado un conjunto de estudios sobre percepción, adquisición del lenguaje y desarrollo de la psicomotricidad en niños (Machamer, 2004, 32-34) ³. Los estudios de J.J. Gibson sugieren que la ocurrencia de cambios en el mundo es necesaria para el desarrollo y el funcionamiento de los sistemas perceptivos. En los niños, durante las primeras etapas del desarrollo de las capacidades sensoromotoras, a medida que el perceptor interactúa activamente con su medio comienza a obtener sus primeras nociones sobre relaciones causales. En esta etapa se detectan eventos antes que objetos, y el carácter permanente de estos últimos, como afirma J. Piaget, es aprehendido con posterioridad, producto de manipulaciones sucesivas sobre el objeto por parte del perceptor. Esto muestra que la percepción de acciones o actividades es tan fundamental como la percepción de objetos o entidades, y hasta le otorga cierta prioridad a la primera, ya que la percepción de objetos es posibilitada por ella. En otras palabras, como señalan Cohen & Eichenbaum (1993), esta manera de comprender el desarrollo de los procesos perceptuales implica una concepción activa de la representación, en donde las actividades que realiza el perceptor desempeñan un rol fundamental. En segundo lugar, estudios sobre adquisición del lenguaje de Tomasello (1992) sugieren que el proceso de aprender a utilizar verbos es parcialmente independiente, o paralelo, al de aprender a utilizar sustantivos. Los referentes de ambos (actividades y objetos, respectivamente) operan como categorías relativamente independientes, a través de las cuales se elabora la experiencia, ya que las actividades son reconocidas como siendo las mismas, aunque sean instanciadas en cada caso por entidades diferentes.

Así, aunque las actividades siempre son realizadas por entidades, representan una parte insoslayable de la gramática o estructura de nuestro lenguaje para realizar descripciones de procesos causales, lo que muestra cómo esas entidades operan como agentes causales en un proceso de cambio (Machamer, 2004, 29-32). De este modo, como sugieren W. Ahn & C. Kalish (2000), a la hora de forjar creencias sobre los agentes causales de un proceso las personas imaginan un modelo de mecanismo asignando distintos tipos de actividades o acciones a las entidades. Este hecho justifica, para los autores, su utilización como categorías ontológicas diferenciadas, ya que, a fin de cuentas, como indica Machamer (2004, 28), hacer metafísica u ontología implica brindar criterios epistémicos para identificar y referir con éxito aquello que se nombra.

En este sentido son recuperadas las reflexiones de E. Anscombe (1981) sobre la noción de causalidad, donde se afirma que el término 'causa' es

un término genérico para el que no puede darse una definición general adecuada, sino que debe averiguarse, para cada caso, el tipo de actividad específica que ejecutan las entidades en la ocurrencia de un proceso.

Por estas razones, como advierten MCD (2000, 11), Machamer (2004, 28), Craver (2001, 60-61), y Nicholson (2012, 160-161), cuando los científicos tratan de dar cuenta de cualquier tipo de proceso causal elaboran mecanismos como estrategia cognitiva. A la hora de describir el carácter activo de determinados sistemas se desarrolla espontáneamente un proceso de abstracción que destaque tanto la organización espacial como la organización temporal de los componentes relevantes para dar cuenta del fenómeno que interesa explicar. Entonces, comprender adecuadamente el funcionamiento de un sistema implica percatarse de que las entidades que lo componen poseen una forma, tamaño, orientación y localización que les permite comprometerse con determinadas actividades en lugar de otras. Además, implica comprender el orden, ritmo y duración característicos de cada una de las distintas actividades que realizan los componentes y que resultan necesarias para que el sistema como un todo realice a su vez alguna actividad, o exhiba alguna propiedad o característica, cuya descripción represente el objetivo de la investigación.

Cualquier modificación de alguno de estos diferentes aspectos de la organización de un sistema lo modificaría radicalmente. De hecho, Wimsatt (1986, 276-278), MCD (2000, 17) y Machamer (2004, 28) destacan que la intervención activa sobre los componentes de un sistema opera como una heurística en la investigación científica a la hora de determinar cuál es la contribución de cada componente a la ocurrencia de alguna propiedad o actividad del sistema como un todo.

En resumidas cuentas, como indican Craver (2001, 61-63), MCD (2000, 21-22) y Hasrun (2017, 100), comprender el desempeño de alguna actividad por parte de un sistema implica describir el mecanismo a través del cual las actividades de algunos de sus componentes dan lugar a la ocurrencia de las actividades de otros de sus componentes, en un proceso secuenciado por etapas en donde la disposición espacial de los componentes y su participación en un patrón temporal estereotipado mediante el desempeño de sus respectivas actividades quedan especificadas de principio a fin. En este sentido, la especificación de la función que desempeña algún elemento depende del grado de precisión con el que se pueda describir cómo dicho elemento se encuentra relacionado con otros en la organización espacial y temporal del mecanismo que explica la ocurrencia de la actividad del sistema que resulta de interés.

A su vez, como indican MCD 2000 (12) y Hasrun (2017, 101), los mecanismos que exhiben los sistemas pueden poseer un bucle de retroalimentación, o concatenarse unos con otros, tanto de forma lineal como generando un ciclo. En el primer caso, las condiciones finales inciden sobre las

condiciones iniciales que detonan la puesta en marcha del mecanismo; en el segundo, un mecanismo A genera condiciones finales que son a su vez detonantes de un mecanismo B que, a su vez, genera condiciones finales que son detonantes de un mecanismo C; por último, puede suceder que el mecanismo A genere condiciones finales que detonen el mecanismo B, y a su vez, éste genera condiciones finales que detonan el mecanismo A.

Para la mayoría de las ciencias biológicas, esta situación conduce, según Craver (2001, 62-68), a perseguir una estrategia de integración de diversos niveles descriptivos con el objetivo de lograr una sola descripción coherente. En otras palabras, se busca elaborar una red de mecanismos entrelazados jerárquicamente.

Entonces, dada una determinada actividad de un sistema que, según los intereses de la investigación, se quiera comprender, controlar, predecir o construir, se debe brindar en primer lugar una *descripción contextual* del rol que desempeña o desempeñará dicho sistema en otro de un nivel mayor en la jerarquía (nivel +1). Es decir, debemos determinar en qué sentido el sistema que nos interesa ocupa un lugar en la estructura organizacional de otro sistema más amplio. La descripción, por ende, debe hacer referencia explícita a elementos que se encuentren por fuera de los límites del sistema que nos interesa explicar en primer lugar. Suponiendo que nos interesa describir la actividad de la hormona antidiurética (ADH) en el marco de la termorregulación en mamíferos, podríamos afirmar, en primer lugar, que actúa en los procesos de disipación del calor (nivel +1). En segundo lugar, debemos describir la actividad sin hacer referencia a elementos contextuales. En este caso, realizaremos una *descripción aislada* de la actividad de la ADH, diríamos que es liberada en la neurohipófisis y que viaja en el torrente sanguíneo para actuar a nivel del riñón, impermeabilizando los túbulos distales (nivel 0). Esto supone trazar límites espaciales precisos que lo separen de otros elementos que lo rodean (neuronas del hipotálamo, torrente sanguíneo, etc.), e implica determinar, a su vez, los puntos de contacto o interacción con esos objetos situados por fuera de sus límites. Por último, se debe describir los mecanismos subyacentes o de un nivel de descripción menor (nivel -1) que explican cómo actúa la hormona para disminuir la producción de orina. Esta descripción representa una *descripción constitutiva* de la actividad.

Por lo general, como señalan Craver (2001, 71) y MCD (2000, 13, 23), una descripción capaz de cubrir estos tres niveles consignados (+1, 0, -1) se considera suficiente, y la referencia a, por ejemplo, niveles descriptivos menores o mayores puede resultar irrelevante para los intereses de la investigación ⁴.

La descripción de mecanismos como estrategia explicativa, que integra los aportes de W. Wimsatt en torno a la noción de organización y los de W. Salmon (1984) en torno al modelo de explicación causal, posibilitó una

reconfiguración de la concepción etiológica del análisis funcional. Aunque haya sido elaborada en el campo de la filosofía de las ciencias sólo recientemente, representa para muchos autores una estrategia insoslayable en las prácticas de los investigadores en ciencias biológicas desde hace tiempo (Machamer. et al.. 2000, 2; Craver. 2001, 54, 62; Nicholson. 2012, 160).

3. REVISIÓN DEL MODELO DE MDC 2000

Retomemos el caso de cómo un mamífero disipa la temperatura corporal para mantener constantes los valores de la temperatura de su cuerpo (termorregulación). Si seguimos la terminología de MCD, las principales “actividades” que se llevan a cabo para disipar calor son: vasodilatación periférica, sudoración, secreción de ADH, aumento de la ingesta líquida, búsqueda de lugares frescos, sombreados para yacer. En tanto que las “entidades” serían: músculo liso (vasos sanguíneos periféricos), glándulas sudoríparas y músculo estriado (moverse para buscar líquidos y lugares sombreados, beber). Agregaremos dos grupos de neuronas del hipotálamo para tener una descripción casi completa, unas capaces de medir la temperatura sanguínea y de comandar todas esas actividades, otras las que secretarán la ADH en la neurohipófisis. Para demostrar esto, se cancela la actividad y/o se elimina la entidad para observar si se modifican y/o en qué medida se modifican las condiciones finales. En nuestro ejemplo, para aceptar que la ADH participa en los mecanismos termorreguladores de disipación de calor hubo que demostrar que: a) la secreción de ADH es un fenómeno que aparece regularmente cuando se eleva la temperatura de la sangre, y b) los efectos de esta hormona a nivel del riñón (disminución de la producción de orina) y/o a nivel orgánico (aumento de la volemia) contribuyen efectivamente a disminuir la temperatura corporal. El carácter regular de las actividades permite compararlas con las leyes de la física y la química. Sin embargo, desde que C. Bernard postulara la “constancia del medio interno” a mediados del XIX, no ha sido posible postular ninguna ley capaz de demostrar los diversos mecanismos a través de los cuales los organismos pueden revertir cualquier tipo de alteración que amenace esa constancia.

El modelo de explicación por mecanismos, para MDC puede aplicarse recursivamente a cada una de estas actividades consideradas como un todo, para desglosarlas a su vez en conjuntos de entidades y actividades organizadas. Sin embargo, consignamos que este uso flexible de la noción de mecanismo contraría un tanto los usos de los biólogos, quienes reservarían en este caso el término para aludir a cada uno de esos procesos consignados por separado, ya que su ejecución simultánea y en paralelo dificultaría la representación temporal de la conducta de interés (la regulación de la temperatura).

Ahora bien, los autores dedican buena parte de su artículo a justificar este dualismo óntico (entidades y actividades) como una forma de superar posturas sustancialistas y procesuales. Considerar que las entidades y sus propiedades son más importantes, o que las actividades son preponderantes sobre los componentes, representa un sinsentido biológico. Además, el dualismo óntico que proponen MCD tampoco parece admisible. En los tres casos pareciera desconocerse que la separación entre estructura y función es absolutamente artificial: no hay (ni puede haber en el marco de la teoría de la evolución) una estructura sin función, ni una función sin una estructura ⁵ (la distinción obedece a razones didácticas y/o metodológicas) (ver, por ejemplo, Ritchie, 1936; Bock & van Wahlert, 1965). Tal es así, que muchas de las actividades incluyen en su nombre a las entidades. Mencionaremos sólo tres ejemplos. Vasodilatación y vasoconstricción son actividades que sólo pueden realizar los vasos. La palabra hormona es un neologismo acuñado por Sterling, que procede del griego (participio presente activo de ὀρμῶν, mover, excitar), con el fin de condensar en una misma palabra la entidad (la sustancia secretada por una glándula) y su actividad (excitar). Sinapsis, otro neologismo de origen griego, acuñado por M. Foster, también indica un espacio (entre dos entidades) y las actividades que allí ocurren. Consideramos que la mayoría de los biólogos afirmarían que estructura y función han sido seleccionadas al mismo tiempo y por las mismas razones, y esta convicción se plasma en su discurso en este intento por sintetizar ambos aspectos en una misma palabra.

Por otro lado, como dijimos más arriba, MDC (2000, 13) consideran que distintos mecanismos, con sus condiciones iniciales, finales y etapas intermedias, pueden entrelazarse jerárquicamente para conformar una suerte de red (Craver, 2001, 62). En el caso que venimos analizando, el contexto estaría dado por un medio externo con una temperatura que supera en varios grados la del medio interno del organismo. Las condiciones iniciales serían una temperatura sanguínea elevada (por acción de ese medio externo). Las condiciones finales serían llevar los valores de temperatura sanguínea al rango de valores normales para el organismo de referencia. En este caso en particular, como dijimos, no hay una secuencia clara ya que todos los mecanismos de disipación de calor se ponen en marcha y se mantienen más o menos simultáneamente. Pero, es posible distinguir entre diversos niveles para establecer una jerarquía de mecanismos entrelazados. Por ejemplo, podríamos partir de la homeostasis orgánica que abarca una serie de procesos destinados a mantener constantes variables críticas para el correcto funcionamiento de los diversos órganos y sistemas del cuerpo. La termorregulación es uno de ellos (nivel +1), y está compuesto, a su vez, por dos conjuntos de mecanismos antagónicos: aquellos que disipan calor, disminuyen la temperatura sanguínea y aquellos que producen calor y elevan la temperatura de la sangre. Aquí los mecanismos

de disipación serían el nivel 0. En el nivel -1 podríamos analizar los mecanismos por los cuales los vasos sanguíneos son capaces de variar su diámetro interno. Este ejemplo difiere del que dimos inicialmente para ilustrar que, tal como afirman MCD 2000, estos niveles de análisis dependen de los objetivos de la investigación.

Los mecanismos de disipación del calor como parte de la termorregulación permiten también ilustrar los bucles de retroalimentación. Como se dijo, estos mecanismos se ponen en marcha cuando un grupo de neuronas hipotalámicas detectan que la temperatura de la sangre se elevó. Estas neuronas miden constantemente la temperatura sanguínea, de modo que cuando ésta disminuye (pasa de valores elevados a valores normales) dejarán de comandar los mecanismos de disipación de calor. En palabras de MCD, las condiciones finales inciden sobre las iniciales de tal modo que según sean las primeras el ciclo se reiniciará o se detendrá.

En resumen, consideramos que algunos aspectos del modelo de MCD podrían evitarse definiendo mecanismo como un proceso (Bunge, 1997, 39). Ningunos de estos detalles agregados es biológicamente incorrecto, aunque, tal vez, sean una complicación conceptual innecesaria, sobre todo cuando el término "proceso" resume muchas de las características de un mecanismo biológico. El diccionario de la RAE define 'proceso' como el conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial. En términos generales, se entiende por proceso cualquier secuencia de pasos o etapas con el objetivo de lograr algún resultado específico. Desde un punto de vista biológico, creemos que los mecanismos son procesos en tanto son una secuencia (más o menos regular) que tienden a lograr un cambio en el estado del organismo o bien evitar ese cambio. En nuestro ejemplo, vemos una serie de procesos que buscan disipar el calor con el fin de evitar que la temperatura de la sangre supere su magnitud normal.

4. CONCLUSIONES

Consideramos que proponer una ontología dualista apoyándose en cómo utilizamos el lenguaje a la hora de describir un proceso representa un exceso. Primero, un salto injustificado desde la epistemología a la ontología. Segundo, contraría en algún aspecto los usos del lenguaje de los profesionales en biología, quienes, al elaborar un lenguaje técnico, sintetizan en una misma palabra (vasodilatación, etc.) la dualidad "entidad/actividad", lo que sugiere que no piensan bajo ningún aspecto estas categorías como separadas, pues a diferencia del lenguaje común, en donde uno puede abstraerse de la entidad que realiza alguna acción para referir sólo a esta última, en el campo de la biología actúa como trasfondo la evolución biológica, lo que impide que la realización de un proceso de abstracción pueda

llegar realmente hasta ese punto. Por lo tanto, distinguir en términos ontológicos entre “actividad” y “entidad” en biología supone algo así como considerar que las dos caras de una misma moneda representan categorías ontológicas diferentes. Creemos que en los autores mismos se nota esta tensión, ya que repetidas veces afirman que “no existen actividades sin entidades”, y que son “interdependientes” (MDC 2000, 6). Esta tensión se resolvería sencillamente abandonando esas pretensiones dualistas.

Con todo, rescatamos su noción de actividad para evitar la apelación a leyes, ya que, en su práctica, los biólogos de hecho prescinden de la noción de ley para explicar y comprender algunos aspectos de los fenómenos. Tal como lo indica Tabery (2004, 9), en ciencias biológicas el carácter productivo y dinámico de las actividades se especifica consignando los cambios que sufren las propiedades de una entidad luego de su interacción con otra entidad que forme parte del mecanismo.

Por otro lado, aunque el concepto de “mecanismos entrelazados jerárquicamente” resulta útil para comprender cómo los biólogos realizan relaciones entre las descripciones en niveles de organización diferentes, su insistencia en señalar que para comprender un fenómeno “sólo” son necesarias las alusiones a los niveles +1, 0, -1 (Craver, 2001, 71; MCD 2000, 13, 23), creemos que podría representar una manera de desarticular el problema de la complejidad en los sistemas biológicos y justificar la tendencia hacia niveles crecientes de fragmentación disciplinar en la práctica.

Finalmente, como indica Nicholson (2012, 159), este modelo explicativo, aunque resulta útil a la hora de realizar una descripción de cómo una determinada actividad de un sistema es llevada a cabo haciendo alusión necesariamente a la peculiar organización de sus componentes y al rol que desempeña en otro sistema que lo contiene a su vez, no es capaz de justificar cómo se genera y preserva el carácter organizado del sistema mismo, procesos que, siguiendo a Maturana y Varela (1994, 79), podrían denominarse “procesos autopoiéticos”. Precisamente, estos autores entienden por “autopoiesis” los procesos a través de los cuales los organismos se constituyen y preservan en su forma individual, así como los fenómenos reproductivos, que forman parte de la propia dinámica autopoiética del organismo.

- 1 En adelante, nos referiremos a este trabajo como MDC 2000.
- 2 Consideramos que Nicholson (2012, 160) no otorga la debida importancia a este compromiso ontológico asumido por los autores, al afirmar que, a fin de cuentas, proponen tan solo un modelo heurístico para describir procesos causales.
- 3 Machamer (2004) refiere, entre otros, a los trabajos de M. Tomasello (1992), J.J. Gibson (1966, 1979), J. Piaget (1930), N. Cohen & H. Eichenbaum (1993), W. Ahn & C. Kalish (2000) y B. Scholl & P. Tremoulet (2000) y A. Michotte (1963).
- 4 La estrategia explicativa recién descrita es similar a la que W. Wimsatt (1986, 276-278) denomina “descomposición próxima” para abordar el comportamiento de sistemas complejos. Nicholson (2012, 159), al igual que Wimsatt, señala que esta estrategia representa más bien una idealización que responde a motivos pragmáticos.
- 5 Aunque, como sugieren S.J. Gould & E. Vrba (1982), una estructura, una vez consolidada, puede desempeñar luego una función diferente a la que desempeñaba originalmente.

BIBLIOGRAFÍA

- Bock, W. & von Wahlert, G. (1965), "Adaptation and the form-function complex", *Evolution*, 19, 3: 269-299.
- Bunge, M. (1997), "Mechanism and explanation", *Philosophy of the Social Sciences*, 27, 4: 410-465.
- Craver, C. (2001), "Role functions, mechanisms, and hierarchy", *Philosophy of Science*, 68: 53-74.
- Hasrun, H. (2017), *Neomecanicismo*, Buenos Aires. URL: <https://www.teseopress.com/neomecanicismo>, 2017.
- Iglesias, M. (2004), "El giro hacia la práctica científica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental", *Opción*, 20, 44: 98-119.
- Machamer, et al. (2000), "Thinking about mechanisms", *Philosophy of Science*, 67, 1: 1-25.
- Machamer, P. (2004), "Activities and causation: the metaphysics and epistemology of mechanisms", *International Studies in Philosophy of Science*, 18, 1: 27-39.
- Maturana, H. & Varela, F. (1994), *De máquinas y seres vivos*. Santiago de Chile: Ed. Universitaria.
- Nicholson, D. (2012), "The concept of mechanism in biology", *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.*, 43: 152-163.
- Ritchie, A. D. (1936), *The Natural History of Mind*, LA: Ed. Longmans, Green and Co.
- Tabery, J. (2004), "Synthesizing activities and interactions in the concept of a mechanism", *Philosophy of Science*, 71, 1: 1-15.
- Wimsatt, W. (1986), "Forms of aggregativity", en *Human Nature and Natural Knowledge*, Donagan, A., Perovich, N. & Wedin, D. (comps.). Dordrecht, Holland: Reidel, pp. 259-293.

