

LA NAVAJA DE OCKHAM Y LA HETEROGENEIDAD DE LAS
REPRESENTACIONES: HACIA UNA ONTOLOGÍA DE LO ABSTRACTO

Sergio F. Martínez

Summary:

Foundationalism is the thesis that there is an epistemologically significant distinction between fundamental science (i.e. theoretical physics) and the special sciences. Foundationalism commits us to the idea that ontology is an issue ultimately resolvable into fundamental science. If Foundationalism is assumed Ockham's razor can be understood as guided by such view of ontology and leads to the idea that the advancement of science involves dispensing with the ontology of the special sciences. If Foundationalism is rejected Ockam's razor can be rather understood as guided by the epistemic aim of achieving understanding, and that requires not the throwing away but the accommodation of heterogeneous representations. In this case the ontology of science cannot be associated with things that are simple and concrete but rather, with things that are complex and abstract.

LA NAVAJA DE OCKHAM Y LA HETEROGENEIDAD DE LAS REPRESENTACIONES: HACIA UNA ONTOLOGÍA DE LO ABSTRACTO

Sergio F. Martínez

Instituto Investigaciones Filosóficas, Universidad Nacional Autónoma de México

El espacio por sí mismo, y el tiempo por sí mismo, están condenados a desaparecer en meras sombras, y sólo algún tipo de unión de los dos va a preservar una realidad independiente. (Minkowski, H. 1908 "Space and Time" Address delivered at the 80th Assembly of German Natural Scientists and Physicians)

1. Introducción. La navaja de Ockham es un principio metodológico asociado desde siempre con la ciencia.¹ El principio dice que las entidades no deben ser multiplicados sin necesidad. O en otras palabras, que no debemos pensar como parte del mundo entidades cuyo papel explicativo (o más en general epistémico) sea dispensable. El autor de "Sobre la Medicina Antigua", uno de los textos más representativos de la colección hipocrática, ya busca precisamente distinguir la ciencia médica de la charlatanería. Argumenta que la verdadera ciencia requiere que sigamos un método empírico en el que no se pretenda sustentar la ciencia sobre una naturaleza humana última, sino que busque ver a los seres humanos en relación con su medio ambiente, y en relación con lo que comen y hacen. El escrito explícitamente arguye que regimentar la ontología es una parte muy importante del método científico. No es difícil estar de acuerdo con esta propuesta del texto hipocrático, aunque si entramos en los detalles de lo que para el autor era esa regimentación, estaríamos entonces en desacuerdo. Y esto pasaría con muchas otras

¹ Una manera usual de entender la navaja de Ockham es como una regla para la elección de teorías que nos sugiere que cuando tenemos dos teorías apoyadas por la misma evidencia entonces debemos escoger aquella que es más simple. (Un trabajo reciente que parte de esta manera de entender la navaja de Ockham es Riesch 2010). Esta no es la manera como se entiende en este trabajo. Aquí la manera de entender la navaja de Ockham está, como en Quine, relacionada con una reflexión respecto a la necesidad de considerar a la ontología como una parte importante de la discusión epistemológica sobre la ciencia.

propuestas de implementación de la navaja de Ockham. Como casi todos los problemas centrales de la filosofía, el problema filosófico está en los detalles de cómo se entienden las cosas.

La navaja de Ockham nos invita a restringir nuestra ontología a lo que se requiere para articular una ciencia empíricamente adecuada. En este artículo quiero desarrollar una manera de entender la navaja de Ockham en el contexto de una metafísica naturalista. Ontología en este artículo se entiende a grandes rasgos en la tradición iniciada por Quine. La ontología busca dar respuesta a la pregunta de qué es lo que hay. Mi respuesta sigue a Quine en la medida que coincido con Quine en que la determinación de lo existente debe hacerse a partir de examinar lo que dice nuestra mejor ciencia (Quine 1948). Sigo también a Quine en relacionar la pregunta ontológica con la caracterización de los tipos o clases naturales que juegan un papel en explicaciones científicas. Pero mientras que para Quine las clases naturales son estructuras causales subyacentes yo voy a seguir una sugerencia implícita en varios trabajos en filosofía de la ciencia contemporánea según la cual las clases naturales más que clases de cosas deben entenderse como clases o tipos de representaciones que explotan recursos cognitivos estabilizados a través de nuestra historia cognitiva. Como se usa el término en biología contemporánea, voy a entender ontología como una representación de los tipos de entidades que existen.²

En Quine la cuestión ontológica en última instancia se resuelve a través de un análisis lógico que nos remite a fundamentos. Los géneros o tipologías de los que hablan las diferentes ciencias especiales conforme avanza la ciencia se van volviendo dispensables. Se asume pues que hay una distinción epistémicamente significativa entre ciencia fundamental (la física) y ciencias especiales. En este trabajo partimos del supuesto que no hay tal distinción entre ciencias fundamentales y especiales y por lo tanto, no podemos caracterizar el avance de la ciencia de esa manera. No voy a pretender aquí defender una propuesta no fundacionista. Para argumentos en esta dirección remito al lector a otros trabajos.³ Mi interés es hacer ver como un no-fundacionista requiere entender la ontología de una manera diferente al fundacionista para poder caracterizar el fin epistémico preeminente de la ciencia. Una consecuencia inmediata de negar el fundacionismo es que las clases o tipologías científicas que sustentan muchas de las llamadas “ciencias especiales”, deben muchas veces formar parte del avance de la ciencia

² “An ontology is a representation of the types of entities that exist, and of the relation among them. In systematics, for example, a Linnean classification is an ontology”. (en Mabee et.al 2007)

³ La tesis de que no hay una distinción epistémicamente significativa entre ciencias especiales y fundamentales es una tesis que sido defendida de muy diversas maneras por varios filósofos contemporáneos. Véase por ejemplo, Wimsatt 1987, 2007, Cartwright 1999, Dupré 1993. Esta tesis está íntimamente relacionada con diferentes versiones de pluralismo ontológico en la ciencia. En este trabajo se defiende de manera muy breve una versión de pluralismo que defiende más a fondo en otros trabajos (en Martínez 2003).

(sea como sea que se caracterice) en la medida que la investigación empírica requiere de reclasificaciones de los fenómenos apropiadas para la inclusión de nuevos conceptos y tipos de cosa. Una vez que se rechaza el fundacionismo ya no podemos dar cuenta del fin epistémico preeminente de la ciencia como una disolución de clases o tipologías asociadas con las ciencias especiales.

La ontología ya no puede ser la austera ontología del desierto Quineano. Esto nos lleva a tener que reconocer lo que podemos llamar la *lateralización* de la ontología. Lo que hay en el entorno epistémico de una abstracción utilizada en la ciencia tiene que ser tomado en cuenta para caracterizar la ontología. Aunque por supuesto, la idea no puede ser que cualquier clase o tipología que tiene poder explicativo en un cierto contexto es parte de lo que hay. Así como hay una diferencia entre generalizaciones accidentales y generalizaciones con poder explicativo, llegar a una caracterización de lo que hay requiere hacer distinciones, requiere de una poda, pero la poda no puede meramente consistir en una disolución de clases asociadas con ciencias especiales, más bien, siguiendo la metáfora, consistiría en una selección de los brotes prometedores. Pero entonces ya no es claro que tipo de fin epistémico podría guiar a la navaja de Ockham. Esto es que criterio puede ayudarnos a decidir cuales son los brotes prometedores. Sobre todo teniendo en cuenta que la clasificación en géneros o tipos (tan diversa en las diferentes disciplinas científicas) se da a través de metodologías que involucran de manera crucial abstracciones y aproximaciones que muchas veces son difíciles de comparar.

Algo que se considera distintivo de lo que usualmente se toma como clase natural o tipología en las diferentes ciencias es que son relativamente estables a través del tiempo y juegan un papel importante en predicciones y explicaciones de procesos causales y de cambio científico (cambio de teorías, métodos y estándares). Pero estas clases y tipologías no tienen ni la universalidad ni la persistencia indefinida a través del tiempo que distingue a las clases y tipos de cosas que sustenta el fundacionismo. Pero si estas clases y tipos de cosas representan lo que hay, ¿qué criterio podemos seguir para podar unas y no otras? Parece ser que sólo el instrumentalismo puede resolver el problema. Esto es, parece ser que la única manera de entender la navaja de Ockham es como promoviendo la idea que las abstracciones de la ciencia no deben de tratar de caracterizarse como parte de lo que hay, sino sólo en tanto que son útiles o no. Sin embargo, como sugerimos adelante, es posible ir más allá del instrumentalismo.

La tesis de este trabajo es que la poda tiene que partir de una evaluación del valor epistémico de las diferentes clases o tipologías que involucran de manera crucial abstracciones (e idealizaciones), y que en la medida que ese valor epistémico se atrinchera esas abstracciones deben considerarse parte de lo que hay. Por supuesto, si pensamos a la ontología como una mera matriz del conocimiento fáctico, como lo piensa el fundacionismo, entonces esta propuesta se reduciría a un instrumentalismo que traduciría predictabilidad en ontología, o parecería reducirse a una reificación

inapropiada.⁴ . Pero si pensamos la ontología como el horizonte de lo que hay desde la perspectiva del entendimiento (considerado como un fin epistémico preeminente) entonces es posible delinear este tipo de propuesta.

El fundacionismo promueve la idea que la navaja de Ockham poda quitando, disolviendo. Lo que se poda nos debe llevar a ver como lo que se nos presenta en la experiencia proviene de lo que hay a un nivel fundamental. Pero si el fundacionismo se cuestiona la poda debe permitirnos ver cómo lo que hay es parte del entorno. Una ontología no fundacionista tiene que ser de alguna manera holista. A continuación elaboramos estas ideas.

2. La navaja de Ockham y el fundacionismo (fiscalista). Una manera bastante intuitiva de ver la ciencia de acuerdo a la navaja de Ockham es partiendo de un tipo de propuesta que viene siendo considerada y promovida desde los presocráticos. Las ontologías científicas deben ser no sólo austeras sino también deben referir a lo pequeño. Desde los presocráticos se ha pensado que una ontología básica de la ciencia tiene que consistir en las partículas materiales más pequeñas. En el siglo XX el desarrollo de la física permitió reformular esta idea diciendo que la ontología de la ciencia debía en última instancia descansar en lo que la física dice que existe. La metáfora de que la ontología de la ciencia debe compararse a un desierto y no a una jungla es un tema central en Quine (véase en particular *Word and Object* 1960) y en la filosofía analítica posterior que relega las normas que guían la poda a la física como ideal regulativo.

A partir del siglo XX, como parte de la división de trabajo asociada con la multiplicación de disciplinas y especialidades científicas, se empieza a delinear una división del trabajo entre los científicos, y se tiende a distinguir prácticas diversas, y en particular entre prácticas que tienden a aumentar el tipo de cosas de los que habla la ciencia, y las tradiciones teóricas en donde se tiende a buscar reducir el número de cosas de las que habla la ciencia a través de la búsqueda por teorías fundamentales. En realidad es incluso posible distinguir entre los experimentos que tienden a multiplicar los tipos de entes y los que tienden a podar la exuberancia, como tipos de experimento asociados con diferentes tradiciones. En los experimentos asociados con las tradiciones teóricas se tiende a la poda, en los experimentos con “vida propia” (en el sentido de Hacking 1983) se tiende a promover la exuberancia como parte de lo que se considera el avance científico.

Los positivistas lógicos pensaron que la tarea del filósofo era llevar hasta sus últimas consecuencias la tarea del teórico. En Carnap y Quine el filósofo se ve como un jardinero cuya tarea es podar los excesos ontológicos que genera el quehacer científico. Ésta se veía como una tarea necesaria para que de las prácticas científicas se pudieran decantar las teorías que van haciendo avanzar el conocimiento. Sin embargo, esta poda no puede ser arbitraria. Y es aquí donde el supuesto de que la física es una ciencia fundamental y de que la estructura de las teorías puede analizarse con herramientas lógico-matemáticas juega un papel crucial. La poda está normada por la búsqueda de una reducción a la ontología fundamental de la física, y esta reducción a su vez requiere

⁴ Winther 2009

formular las diferentes estructuras causales representadas en los diferentes tipos o clases de cosas en una jerarquía de sistemas causales o como describibles en un lenguaje común. En ambos casos la poda pues se guía por el fundamentalismo que supone un monismo ontológico.⁵

Para Quine era claro que entender la tarea filosófica como la de un jardinero podador nos comprometía con un reduccionismo ontológico que a veces sugiere que debería apuntar al atomismo. Sin embargo, hoy en día, incluso si se acepta la visión del jardinero obsesionado por la poda, no parece necesario que ese reduccionismo nos comprometa al atomismo. Las motivaciones para que el atomismo haya perdido su atractivo tienen que ver indudablemente con el desarrollo de la ciencia misma. El desarrollo de la biología en el último siglo y la importancia cada vez mayor de las diferentes ciencias biológicas y cognitivas y sociales apuntan de diferente manera contra el atomismo (ver siguiente sección). Pero la idea de que un monismo ontológico guía la poda no se cuestiona, en parte porque no es fácil formular claramente un pluralismo ontológico. Una vez que se abandona el ideal del atomismo, en cualquiera de sus muchas variantes, ¿qué tipo de argumentos podemos elaborar para justificar un ideal normativo ontológico plural que no simplemente termine en un tipo de propuesta de “todo se vale”?⁶

Responder a esta pregunta requiere empezar por dejar claro dos sentidos (pertinentes a la discusión) de la expresión “todo se vale”. Una idea trivial que nadie defiende seriamente y una idea no trivial que es compatible y que creo que en el fondo es una manera alternativa de caracterizar la tesis del pluralismo ontológico. La versión trivial de todo se vale dice que una vez que abandonamos el monismo metodológico no hay manera de podar la jungla. La forma trivial de entender la tesis de que todo se vale es incorrecta por las mismas razones que esgrimía el autor de la medicina antigua. En la medida que aceptamos que hay sustancias curativas y sustancias que sólo tienen fama de curar hay una diferencia que tiene que reflejarse en nuestra ontología. En la medida que los seres vivos han evolucionado de formas ancestrales, por lo menos a grandes rasgos como propone la teoría de Darwin, entonces la diversidad de las formas vivientes se explica de una manera que es incompatible con una explicación que apela a una creación ex-nihilo.

⁵ Es importante notar que el fundacionismo estrictamente hablando no presupone necesariamente un monismo ontológico, la idea que en última instancia hay un único tipo de cosas. Pero si agregamos al fundamentalismo la idea que lo que hay son estructuras causales asociadas con clases naturales entonces la física parece tener que comprometerse con un monismo ontológico. En caso contrario tendría que darle sentido a la idea que el mundo consiste de diferentes órdenes causales. Y esto nos llevaría a cuestionar el fundacionismo.

⁶ El lector debe recordar que mi interés en este trabajo es reflexionar sobre el tipo de ontología apropiada para una metafísica naturalista y pluralista. Dejo por lo tanto de lado la posibilidad de desarrollar una metafísica naturalista monista, que sería en última instancia fundacionista. Una propuesta en esta dirección se desarrolla en Ladyman et al 2007.

El sentido razonable de la tesis de “todo se vale” simplemente toma la idea del pluralismo como punto de partida (o de llegada). Nuestra filosofía no puede determinar a priori o por adelantado, sin tomar en cuenta lo que dice la ciencia, qué es una ontología que debe tomarse seriamente como guía en el avance de la ciencia. “Todo se vale” debe entenderse como diciendo que la filosofía no puede avanzar criterios ontológicos. Pero así formulada la tesis es compatible con la idea que avanzar criterios ontológicos tampoco es simplemente una tarea del científico. Los criterios de poda ontológicos utilizados en la ciencia tienen que entenderse como parte de sistemas de representación exitosos que se van diversificando a través de la historia de la ciencia pero que no son independientes de las maneras como en general se van desarrollando sistemas de representación más amplios. Si por ejemplo las computadoras nos permiten el desarrollo de una tecnología de simulaciones, las simulaciones pueden entrar a jugar parte de sistemas exitosos de representación de lo que hay. El podador corta una ramita pensando en el jardín como un todo.

En otras palabras, tenemos que reconocer que hay criterios que debemos respetar respecto a qué es una ontología aceptable. Pero estos criterios no son fácilmente identificables y tienen que ver con criterios respecto a qué son representaciones aceptables de fenómenos en diversas circunstancias y desde perspectivas socialmente constituidas en prácticas, tradiciones o estilos de razonamiento.⁷ Algo que fácilmente va más allá de las cómodas circunscripciones artificiales usualmente examinadas en filosofía de la ciencia.⁸

La implementación de la navaja de Ockham como criterio de poda ontológica sería claro, por lo menos claro en principio, si pudiéramos decir que la ciencia puede caracterizarse, en última instancia, por su producción de conocimiento fáctico. En este caso el conocimiento consistiría en última instancia en proposiciones “apegadas a la verdad” que se van sumando y organizando en sistemas de creencias.⁹ Pero hay diferentes tipos de

⁷ La idea de Hacking (en Hacking 2009) según la cual controversias ontológicas se entienden como parte de estilos de razonamiento es una manera de formular la idea que sugiero. Pero no creo que controversias ontológicas puedan siempre enmarcarse dentro de estilos de razonamiento. Adelante presento ejemplos de casos en los que es claro que controversias ontológicas tienen que ver con la búsqueda de integración de explicaciones exitosas que pueden tener orígenes en estilos o prácticas muy diferentes.

⁸ Callender y Cohen **There is no special problem about scientific representation**

⁹ Quine por ejemplo en *Word and Object* reduce diferentes tipos de entidades, objetos físicos, sucesos y procesos a un mismo tipo de entidad: Todos estos tipos de entidades nos dice Quine, se reducen al contenido, quizás muy heterogéneo, de alguna porción de espacio-tiempo que puede ser una porción de espacio tiempo muy desconectada y topológicamente compleja (Quine 1960 p.131). Lo importante para nosotros es notar que esta reducción de entidades heterogéneas, objetos, sucesos y procesos a porciones de espacio tiempo tiene la virtud de permitir una caracterización homogénea de la ontología última sobre la cual se construyen las

razones que sugieren que esta manera de entender el avance de la ciencia es cuestionable. La idea de que la luz estaba constituida por corpúsculos se consideraba a principios del siglo XIX como una verdad incuestionable. Como el tipo de verdades que constituían conocimiento. Pero esa creencia tuvo que ser abandonada. Las ideas de Kuhn son bien conocidas, e independientemente de que estemos de acuerdo o no con los detalles de su modelo de la ciencia, es innegable que la ciencia no puede describirse como un edificio que se va construyendo ladrillo por ladrillo, y que más bien se articula en paradigmas. Estos paradigmas organizan perspectivas que se consideran valiosas para entender la realidad. Tal vez esas perspectivas sean más apropiadamente caracterizables como parte de tradiciones o “estilos de razonamiento” que como “paradigmas, pero en todo caso lo que parece quedar claro es que debemos buscar una manera de caracterizar el fin o fines epistémicos de la ciencia como algo más que tratar de apegarse a la verdad. Por otro lado, en la medida que discusiones sobre lo que hay no se limitan a estudiar las implicaciones de modelos lógicamente estructurados (ver ejemplos abajo), entonces no parece ser posible caracterizar a la ciencia como guiada por el fin preeminente de apegarse a los hechos.

El punto es que una vez que se abandona el fundacionismo decir que la ciencia es conocimiento fáctico nos deja sin un criterio para la poda ontológica. En este caso tendría que concluirse que las discusiones ontológicas son discusiones caseras de las cuales no podemos sacar provecho filosófico. Esta es la tesis que Hacking llama la tesis del realismo derivado (the “by-product thesis”):

the ontological debates that beset the sciences, the various types of objects rejected by antirealists, the pound-on-the-table objects asserted to exist by realists, are all by-products of the styles of scientific thinking by which they are introduced (Hacking 2009 p.145).

Desde nuestra perspectiva esa tesis es equivalente a decir que no hay criterio para la poda ontológica más allá de los criterios implícitos asociados con estilos específicos. Sin embargo, una vez que empezamos a buscar una mejor manera de caracterizar el fin epistémico de la ciencia llegamos a maneras interesantes de entender la navaja de Ockham que desbordan los estilos. No obstante, considero importante dejar claro que no pretendo negar la importancia de los estilos como caldo de cultivo de las diferentes ontologías. Mi propuesta es más bien que en la medida que las discusiones ontológicas muchas veces se dan como parte de intentos por integrar conocimiento desarrollado en diferentes tradiciones y estilos, se requiere tomar en cuenta esos procesos de integración para dar cuenta de la ontología de la ciencia. Por otro lado, es importante distinguir entre los debates sobre realismo y el tema de la ontología que me interesa en este trabajo. Los debates sobre realismo parten de una interpretación de discusiones ontológicas en la ciencia, pero esta discusión generalmente se basa en supuestos fundacionistas o en un rechazo del fundacionismo junto con cualquier ontología. Como dice Hacking en el párrafo siguiente a la cita anterior, vale la pena preguntarse ¿por qué los debates sobre el realismo continúan entre filósofos cuando esos debates no se consideran importantes

teorías científicas y respecto a la cual podemos dar cuenta del contenido fáctico de esas teorías.

entre los científicos? Como vemos adelante, debates ontológicos son el pan de todos los días de muchas discusiones entre expertos. Sobre todo cuando está en juego la búsqueda por abstracciones integradoras de diferentes tipos de conocimiento. Pero Hacking tiene razón en que los debates sobre realismo, en la medida que no capturan este tipo de preocupaciones, sugieren su irrelevancia. Los debates sobre realismo como son usualmente formulados en la filosofía de la ciencia no son importantes entre científicos, pero debates ontológicos sí lo son.

3. El Entendimiento como logro epistémico preeminente y la navaja de Ockham.

¿Cómo podemos caracterizar el fin de la ciencia sin recurrir a la idea que la ciencia se distingue por su amarre a la verdad? Muchas veces se trata de formular la idea de que el fin epistémico de la ciencia es generar más y mejores explicaciones. Pero esto no puede ser el fondo del asunto. Porque o bien las explicaciones están “amarradas a la verdad” o bien se refieren a algún logro epistémico que tiene que ser especificado. Muchas veces se ha sugerido que el fin epistémico preeminente en la ciencia es el entendimiento ¿Pero qué es el entendimiento? Es claro que los científicos hablan bastante de entendimiento. Sin embargo, los filósofos de la ciencia durante buena parte del siglo XX consideraban que esa manera de hablar de los científicos tenía que entenderse sólo como una manera de hablar de conocimiento como creencias amarradas a la verdad, o bien dejábamos la epistemología de lado. Hempel, por ejemplo, deja claro que o bien el entendimiento es un mero fenómeno subjetivo (psicológico) o bien tiene que subordinarse al establecimiento de conocimiento fáctico (Hempel 1965). En la medida en que cuando hablamos de entendimiento hacemos referencia a personas y situaciones, entendimiento resulta un concepto pragmático y por lo tanto (según Hempel) se sigue que no puede jugar un papel epistémico preeminente.¹⁰

Wesley Salmon, uno de los más importantes críticos de Hempel, cuestionó la idea de Hempel de explicación como articulable en término de proposiciones, y sugirió que el entendimiento científico consistía esencialmente en la identificación de “mecanismos causales”. Así, para Salmon, el entendimiento no es ya un mero fenómeno subjetivo, pero sigue siendo en última instancia conocimiento fáctico. Por lo menos un problema con este tipo de propuesta es que muchas veces en la ciencia las explicaciones no se reducen a la identificación de mecanismos. El mismo Hempel reconocía (si bien con cierta incomodidad) que las explicaciones de leyes científicas muchas veces no

¹⁰ Es bastante común caracterizar una metafísica naturalista utilizando nociones de entendimiento como las que Hempel critica. Por ejemplo, cuando se entiende la metafísica de la ciencia como una interpretación del conocimiento científico que busca hacer compatibles nuestras intuiciones de sentido común respecto a la estructura causal del mundo con lo que nos dice la física teórica. En la medida que esta interpretación es exitosa se considera que avanzamos nuestro entendimiento. Este tipo de metafísica naturalista es lo que Ladyman et al 2007 denominan proyectos de domesticación del discurso científico. La tesis defendida en este trabajo no es un proyecto de domesticación.

consisten en referirlas a hechos sino a otras leyes, de una manera que no podía modelarse como una relación deductiva, y por lo tanto, que no podían verse como “amarradas a la verdad”. Esto sugiere que el concepto de entendimiento no puede dejarse tan fácilmente de lado como un fenómeno meramente subjetivo. La cuestión es cómo caracterizarlo.

Michael Friedman propuso una manera de ver el entendimiento que se toma en serio la idea de Hempel. Para Friedman, el entendimiento proviene de avances en la reducción de los fenómenos que aceptamos como hechos independientes (Friedman 1974). Él muestra de manera convincente que este concepto de independencia de hechos es una idea útil y productiva para entender la estructura conceptual y la importancia de algunas teorías físicas importantes. Pero esta idea de unificación que sustenta el concepto de entendimiento depende de la aceptación de una estructura a priori implícita en el formalismo matemático en cuestión. El entendimiento para Friedman es no-fáctico, pero se restringe a teorías en las que tal tipo de formalismo es relevante. Así, entendimiento en este sentido presupone que las teorías en cuestión son teorías fundamentales, teorías a las que de alguna manera podemos reducir el importe epistémico de teorías no fundamentales. En la medida que este fundamentalismo es cuestionable, la propuesta de Friedman no puede darnos el tipo de respuesta que queremos.

Podríamos tratar de superar esta limitación de la propuesta de Friedman si la generalizamos de manera tal que quitamos la restricción a teorías fundamentales que tienen el tipo de estructura matemática que puede caracterizarse como algún tipo de estructura a priori. Por ejemplo, podemos tratar de elaborar la idea bastante intuitiva de que el entendimiento consiste en el conocimiento de la conjunción de proposiciones verdaderas respecto a la cual entendemos una proposición dada.¹¹ Pero el problema es que usualmente este tipo de entendimiento involucra proposiciones falsas. Supóngase que entendemos por qué los españoles pudieron conquistar América con un número relativamente pequeño de soldados, dado que los españoles tenían una superioridad tecnológica, eran soldados muy experimentados, etc. Nuestro entendimiento puede ser genuino, pero lo más seguro es que involucre creencias falsas. Por ejemplo, es falso que los españoles fueran soldados experimentados. Friedman puede evitar este tipo de problema porque parte de que las proposiciones respecto a las cuales tenemos entendimiento son leyes de teorías fundamentales. Y esas leyes fundamentales son conocimiento fáctico -o se derivan de conocimiento fáctico- junto al supuesto de una cierta estructura a priori de la realidad.

Pero si no asumimos que hay teorías fundamentales, ¿cómo caracterizamos el entendimiento en término de proposiciones verdaderas? Todas las teorías estarían en igualdad de circunstancias. Y si aceptamos que algunas proposiciones respecto a las cuales tenemos entendimiento son falsas, tendríamos entonces que tener algún tipo de criterio para decidir que esas proposiciones no cuentan.

Pero el problema más serio con este tipo de propuesta que reduce el entendimiento a una relación entre proposiciones es que muchas veces el entendimiento en la ciencia no se reduce a una relación entre proposiciones. Los diagramas y las idealizaciones en la

¹¹ Kvanvig 2003 desarrolla una propuesta en esta dirección.

ciencia nos dan entendimiento. Sin embargo, no parece plausible tratar de defender que los diagramas o las taxonomías ampliamente utilizadas en muchas ciencias para caracterizar estándares epistémicos puedan entenderse meramente como proposiciones.

Las idealizaciones utilizadas en las prácticas científicas que juegan un papel crucial al promover el entendimiento en la ciencia, difícilmente pueden verse como teniendo sentido o valor epistémico en relación a un conjunto de proposiciones. Por ejemplo, el concepto de gas ideal no genera entendimiento en relación a un conjunto de proposiciones. Para empezar, el concepto de gas ideal describe algo inexistente. El tipo de entendimiento que podemos asociar con la respuesta a por qué los españoles pudieron conquistar América en relación con un conjunto de proposiciones verdaderas, no puede ser el tipo de entendimiento que genera el concepto de gas ideal. Como nos dice Wimsatt en 1987 (y en capítulo 6 de Wimsatt 2007), muchas veces se diseña un modelo falso deliberadamente para usar como un templado que nos permita comparar datos, sobre todo cuando uno no está interesado en qué tan bien ese templado encaja con los datos sino en la forma en la que no encaja, en dónde no encaja y por qué.

Este es un tipo de entendimiento en la ciencia que ciertamente está relacionado con una manera de entender los modelos como herramientas cognitivas pero que en la medida que se reconoce que las representaciones no son neutrales ontológicamente apunta en la dirección que nos interesa. La sugerencia es que en analogía a cómo podemos utilizar una heurística para llegar a un resultado al que podemos llegar por una deducción matemática, cómo y por qué no encaja la heurística puede ser muy informativo para otras situaciones en las que no tenemos manera de utilizar la solución deductiva. Así, podemos pensar en relaciones de reducción entre modelos como contribuyendo a un entendimiento de la relación entre teorías, aunque sepamos que la reducción sólo es aproximada.

En todo caso, estas reducciones “defectuosas” pero iluminadores pueden ser muy útiles para entender como se relacionan diferentes representaciones de procesos, sin presumir que apuntan a algún tipo de monismo ontológico.

4. Reduccionismo, pluralismo ontológico y entendimiento. Según Regev y Shapiro (en 2002) la marca distintiva del entendimiento científico es la reducción de los fenómenos a unidades más simples. Esta es una idea común entre científicos. Relaciones de reducción promueven entendimiento, pero reducción no se asocia con monismo ontológico. La reducción se piensa como teniendo lugar “lateralmente”, como apuntando a ciertas unidades o módulos abstractos que permiten explicar varios fenómenos muchas veces en un mismo nivel fenoménico. En el caso de Regev y Shapiro, las unidades en cuestión son abstracciones a partir de las cuales “grandes cantidades de conocimiento acerca de funciones, actividades e interacciones de sistemas moleculares en células” pueden hacerse inteligibles y formar parte de un todo. Ellos sugieren que la abstracción que se requiere para que avancemos el entendimiento en ese campo es la “molécula-como-computación”. Esta abstracción permite conectar diferentes prácticas y establecer por tanto criterios comunes de avance y contrastación empírica de resultados. En este caso es claro que el entendimiento involucra un punto de vista, una perspectiva, pero esa perspectiva no es fáctica, ni es una teoría, sino que se identifica con una idealización, la

abstracción apropiada para que tenga lugar el tipo de entendimiento que es distintivo del avance de un campo de conocimiento.

Pero lo que me interesa recalcar es que la búsqueda por “unidades más simples” no apunta hacia un monismo ontológico, sino hacia un pluralismo del tipos de cosas que promueven el entendimiento. Las unidades “simples” son simples no porque sean parte del “desierto” que buscaba Quine, sino porque son el tipo de abstracciones que resultan valiosas desde un punto de vista epistémico específico concreto, no necesariamente desde el punto de vista de un logro abstracto como lo puede ser aumentar el número de creencias verdaderas. La simplicidad consiste en que podemos apreciar la relación entre diferentes explicaciones, y por lo tanto permiten ver la manera en que las diferentes explicaciones se relacionan una con otra. El valor de una abstracción como “DNA” – como cadena- o “gas ideal”, no radican en ser verdaderas, sino en promover la integración de diferentes inferencias provenientes de diferentes tipos de experiencia. Mi tesis es que estas idealizaciones son parte de la ontología científica. Son parte de la ontología científica en el mismo sentido en el que Minkowski (ver epígrafe) sugiere que elementos tan básicos como el tiempo y el espacio no pueden verse como realidades independientes. El espacio-tiempo es lo que hay en la teoría de la relatividad porque esa abstracción nos permite dar cuenta de nuestra experiencia de la mejor manera posible desde un punto de vista objetivo.

Pero ¿cómo puede algo inexistente ser parte de la ontología de la ciencia que promueve el entendimiento? Catherine Elgin piensa que la respuesta es que las idealizaciones están diseñadas para resaltar cuestiones fácticas sutiles, y esto lo hacen por medio de la ejemplificación de rasgos que comparten con los hechos (Elgin 2007). La tarjeta que ejemplifica un color en un muestrario de colores puede ejemplificar un color o una forma geométrica, un rectángulo por ejemplo. Esto va a depender del contexto. Puede ser usado para ejemplificar un rectángulo si quiero ejemplificar un rectángulo y sucede que tengo un muestrario sobre mi escritorio. Pero si lo que estoy buscando es el color con el cual quiero pintar la cocina de mi casa entonces la tarjeta ejemplifica el color. No es difícil ver cómo esta idea puede extenderse a idealizaciones científicas. Un gas ideal-de acuerdo a la idea de Elgin- ejemplifica rasgos que comparten las muestras reales de gas. Es indudable que esta es una manera en la que las idealizaciones juegan un papel integrador, pero no puede ser todo. En la propuesta de Elgin las idealizaciones juegan su papel integrador como parte de teorías en las que estas idealizaciones se formulan. Pero muchas idealizaciones en la ciencia no dependen de teorías. O por lo menos no pueden entenderse como jugando su papel integrador como parte de teorías específicas. El concepto de molécula-como-computación por ejemplo no es un ente teórico de una teoría. Incluso una idealización tan conocida como “electrón” ha sido un concepto importante y diferente en muchas teorías y en muchas tradiciones experimentales (no necesariamente ligada a una teoría específica).

Talvez más importante, como Wimsatt lo ha recalcado, es que idealizaciones provenientes de teorías reconocidas como falsas pueden jugar un papel importante en la ciencia. Por ejemplo, la idealización de herencia mezclada es una herramienta poderosa para entender una serie de consecuencias de la genética mendeliana, y puede ser una guía útil en la construcción de procesos de herencia no mendeliana. Esto es así porque las

idealizaciones no necesariamente ejemplifican rasgos que comparten con los hechos. Las idealizaciones pueden ayudarnos a modelar situaciones diferentes a las que fueron inicialmente contempladas. Esto claramente sugiere que las idealizaciones deben verse más bien como herramientas cognitivas que son parte de sistemas de representación complejos, y no meramente como entes teóricos.

Retornemos al ejemplo de Regev y Shapiro. Su idea era que la “molécula-como-computación” nos permitiría enfocarnos en las propiedades de una molécula que son relevantes para su función en las explicaciones que buscamos integrar para avanzar nuestro entendimiento. Ellos consideran que esta es la abstracción correcta, porque esta abstracción puede dar cuenta de propiedades cruciales de diferentes fenómenos caracterizados por representaciones heterogéneas en diferentes áreas de investigación en biología molecular de la célula. *Este es el punto que nos interesa recalcar: la razón de por qué se piensa que esta abstracción de la molécula como computación es la abstracción correcta es porque nos permite integrar representaciones heterogéneas.*

Esto me parece algo distintivo de muchas idealizaciones en la ciencia. Las idealizaciones en la ciencia son importantes porque nos permiten integrar modelos o explicaciones que provienen de prácticas diferentes que son parte de tradiciones de investigación diferentes. *En la medida que esta integración se atrinchera en el futuro desarrollo de la ciencia, estas idealizaciones deben considerarse como parte de lo que hay, esto es, deben entrar a considerarse seriamente como parte de la ontología de la ciencia.* Nótese que estas abstracciones pueden entenderse como podando ontologías que surgen en prácticas específicas y en el contexto de un estilo específico de razonamiento. No se trata de eliminar del todo lo que se considera que existe en las prácticas concretas, sino más bien hacer ver como pueden entenderse como tipos de cosas con un linaje (entre tipos de cosas) que puede rastrearse desde diferentes prácticas y representarse de muy diversas maneras.

La idealización de un gas ideal nos permite entender diferentes tipos de fenómenos como un mismo tipo de fenómeno. Nos permite entender el por qué un globo asciende cuando lo inflamamos con aire caliente o con Helio, o por qué las tormentas se forman en cierto tipo de condiciones, o cómo funciona un refrigerador. Es importante darnos cuenta de en qué consiste esta respuesta común a estos diferentes fenómenos. Lo que el concepto de gas ideal nos permite es predecir el comportamiento de diferentes tipos de fenómenos *hasta cierto punto*, hasta el punto que los gases en cuestión se comportan como gases ideales. Podemos pensar que todo esto se debe a una causa común, pero esto no tiene que ser el caso. El punto es que diferentes fenómenos pueden integrarse en un tipo de fenómeno que nos ayuda a mejorar nuestro entendimiento del mundo.

5. Representaciones heterogéneas y la ontología de lo abstracto. Decimos que dos representaciones son heterogéneas si son representaciones de un proceso o cosa que no pueden verse como complementarias o agregativas. Esto es, las representaciones heterogéneas no pueden verse como representaciones que pueden ser agregadas como partes de una representación más detallada. Los mapas son ejemplos típicos de representaciones que pueden ser agregativas o no agregativas. Un mapa de carreteras y un

mapa de ríos de una región pueden pensarse como representaciones agregativas. Usualmente estos mapas pueden integrarse en uno sólo, que es más detallado porque incluye información sobre ríos y carreteras. Pero muchos mapas no son agregativos. No tiene mucho sentido pensar en agregar las zonas que se inundan cuando llueve más de cierta cantidad de agua o agregarle un mapa de variaciones en el campo gravitatorio. Tampoco tiene sentido pensar en agregar a un mapa de calles de una ciudad detalles sobre el tipo de estructura de las casas particulares. En un sentido esto puede llegar a ser incluso “físicamente imposible”. Por ejemplo, no podemos poner detalles de la estructura molecular de las paredes de una casa en un mapa de las calles de una ciudad.

Una representación involucra siempre un tipo de abstracción, y algunos tipos de abstracción son incompatibles con otros. Esto es tan obvio que se olvida. Un modelo o descripción de las fuerzas que actúan en un edificio a la hora de un terremoto resultaría muy confuso si al mismo tiempo pretende ser una descripción de los ambientes arquitectónicos. Pero sería imposible tratar de representar los esfuerzos en las vigas y al mismo tiempo las direcciones de tráfico en las calles. No es sólo una cuestión de encontrar convenciones apropiadas. Es una cuestión de escala y de sentido de la representación. Es simplemente imposible detallar en un mismo modelo los tornillos de un avión y los detalles de las rutas aéreas.

Un proceso termodinámico puede representarse en termodinámica fenomenológica o en termodinámica estadística. Si pensamos que la termodinámica fenomenológica es una teoría especial reducible a la teoría estadística, entonces podemos pensar que las representaciones son homogéneas. Pero si pensamos que ambas teorías son independientes, irreducibles una a la otra, entonces podemos pensar que ambas representaciones del proceso contribuyen a nuestro entendimiento del proceso (en sentidos que tendrían que elaborarse por supuesto) pero esas representaciones deberían considerarse como heterogéneas. En este caso decimos que ninguna de las dos representaciones captura del todo la realidad del proceso en cuestión, aunque ambas representaciones pueden ser tan detalladas como queramos.

La idea de heterogeneidad surge clara y distinta en diferentes tipos de modelos científico-tecnológicos. Consideremos el ejemplo del diseño de un chip de computadora.¹² Hay muchos tipos de factores que pueden ser considerados a la hora de diseñar un chip. Diferentes dimensiones del diseño han sido identificadas por los ingenieros. Entre estas diferentes dimensiones tenemos una que se refiere al punto de vista del control, otra a las puertas lógicas y otra a los tiempos¹³. El problema del diseño se resuelve utilizando tres

¹² El ejemplo lo tomo de Bairwise 1996.

¹³ Podemos pensar que esta manera de enfocar el problema responde a consideraciones puramente pragmáticas, y que radicalmente diferentes maneras de representar las dimensiones del diseño podrían desarrollarse. Pero esto no parece ser correcto. Por lo menos para los ingenieros estas dimensiones del diseño son fácticas. Ciertamente, si podemos decir que estas diferentes dimensiones son puramente pragmáticas entonces podría argüirse que las diferencias en las representaciones responden a restricciones meramente pragmáticas y que no

diferentes sistemas representacionales: “state-charts” para representaciones de control, diagramas de circuito para representaciones de información de puertas, y diagramas de tiempo para la representación de tiempos. Cada uno de estos sistemas representan aspectos estructurales a los que de alguna manera son similares.¹⁴ Pero el mismo tipo de rasgo representa diferentes cosas en diferentes sistemas. Por ejemplo, una línea o relaciones entre líneas tienen diferente interpretación en los diferentes sistemas representacionales. En un sistema una línea representa una conexión alámbrica, en otra una transición de estados, y en otra el valor de un alambre en el tiempo.

Podemos pensar que la necesidad de usar diferentes sistemas de representación es una mera consecuencia de nuestras limitaciones cognitivas, y en particular una consecuencia del tipo de proceso de razonamiento que podemos llevar a cabo los seres humanos. Es indudable que nuestras limitaciones cognitivas juegan un papel importante en explicar esta diversidad de sistemas representacionales, pero no es una “mera” consecuencia, en el sentido que esas limitaciones cognitivas no deben verse como meramente acotando el campo de visión a la manera como la vería un fundamentalista. Porque así como no es posible representar al mismo tiempo todos los detalles del funcionamiento de una célula, lo que hace necesario la utilización de idealizaciones como la de molécula-computación que sugieren Regev y Shapiro, tampoco es posible representar los detalles del diseño de un chip en una sola representación. Esto puede verse de manera bastante clara si tratamos de “traducir” una representación en otra. Esto requeriría encontrar una abstracción común a las diferentes representaciones. Pero cada representación involucra diferente grano de información y apunta en direcciones diferentes. El tipo de información incluido en los diagramas de tiempo es un tipo de información que no se necesita para los diagramas de estado que caracterizan el algoritmo que se computa. Podría argüirse que, si bien puede ser confuso para nuestras mentes limitadas, la restricción no es de principio.

Pero mi tesis no es que esa restricción es “de principio” en un sentido teórico fundamental. Mi tesis es que esa restricción es parte de las posibilidades de la representación misma. Si tuviéramos la capacidad de ver a través de todas las cosas no veríamos nada. Ver requiere detener la mirada en “objetos” no transparentes. De manera similar, representar involucra detener la mirada en ciertas abstracciones y no en otras. Esta opacidad de las representaciones heterogéneas se manifiesta, por ejemplo, en la multiplicidad de traducciones posibles. En el caso de las diferentes representaciones de un circuito es posible probar que no hay una única traducción entre representaciones (Fisler 1993). Hay muchos circuitos que pueden implementar una máquina de estado (“state machine”) y muchos diagramas de circuito que son compatibles con esos circuitos de estado. Como mucho, lo que puede tratar de establecerse es que las representaciones sean consistentes. Si nos tomamos en serio esta posibilidad, esto es, que *la heterogeneidad de las representaciones es parte de lo que hay*, entonces podemos ver de manera diferente la sugerencia de Elgin según la cual las idealizaciones ejemplifican

tienen implicaciones epistémicas. Por razones que solo muy brevemente menciono en el texto esta posibilidad es difícil de aceptar.

¹⁴ La similaridad en este caso la caracteriza Bairwise en término de homomorfía. Esto puede verse como una representación formal de la similaridad.

rasgos que comparten con los hechos. *Lo que comparten es parte del tipo de representaciones que son.*

6. *Heurística de las representaciones y tipos de abstracción.*

Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas la heterogeneidad de las representaciones puede verse como una consecuencia de la manera en la que tipos de razonamiento y tipos de abstracción se relacionan unos con otros. Sloman muestra en un artículo sobre diagramas mentales implicaciones pertinentes para entender el origen de la heterogeneidad de las representaciones. Cómo vamos a enfatizar o ignorar razonamientos métricos o topológicos depende del tipo de abstracciones que utilicemos. El uso de diferentes tipos de razonamiento lleva a planteamientos diferentes del problema y a diferentes tipos de soluciones. Algo que muestra Sloman que es particularmente importante para nuestro tema es que diferentes tipos de abstracciones (espaciales y no espaciales, por ejemplo) tienen que combinarse para poder transformar soluciones posibles en un nivel de abstracción (puramente espacial por ejemplo) a una solución que involucre información métrica. *Pero esta transformación no es una derivación lógica de un tipo de representación a otro tipo de representación, sino más bien es un tipo de derivación que proviene de ensayo y error.* Se van agregando detalles o haciendo caso omiso de información hasta que se llega a una solución aceptable. Esto parece ser bastante general. La solución a un problema es un camino tortuoso a través de diferentes representaciones que nos permite pasar de un tipo de abstracción a otro.

La construcción de taxonomías es un ejemplo de tipos de representaciones que involucran razonamientos especializados diseñados con un problema en mente que involucran abstracciones que claramente juegan un papel integrador de diferentes tipos de representaciones, y que a través de esa integración logran servir de base a explicaciones y el desarrollo de teorías. La discusión contemporánea acerca de clases naturales y acerca de la relación entre clases naturales y sociales, por ejemplo, está motivada por buscar la manera de articular diferentes tipos de conocimiento provenientes de diferentes tipos de prácticas. Hasta hace poco tiempo se tendía a pensar en biología que “pensamiento tipológico” y “esencialismo” eran básicamente lo mismo. Hoy en día hay una serie de trabajos que muestran que esto es un error. El pensamiento tipológico no debe identificarse con esencialismo por las mismas razones que hemos mencionado antes en relación a la aceptación de la heterogeneidad de las representaciones utilizadas en la ciencia. Conceptos tipo como “extremidad de un tetrápodo” (Amundson 1998, 2005) juegan un papel epistémico totalmente análogo al papel que juega el concepto de molécula-como-computación en la propuesta de Regev y Shapiro. Como lo pone Love en un artículo reciente, “la tipología debe verse como un razonamiento representacional”. Lo que muestra Love es que los tipos no deben verse como describiendo esencias sino como buscando integrar en unidades con poder explicativo partes o aspectos de organismos a través de una taxonomía (p. Love 2009).

Uno de los problemas ontológicos centrales de la biología ha girado alrededor de la discusión respecto al concepto de especie biológica. A mediados del siglo XX el concepto de especie se caracteriza como individuos localizados espacio-temporalmente

(en Hennig 1950, Ghiselin 1966). Esta manera de caracterizar a la especie tiene la ventaja de que podemos entender su existencia colapsando representaciones heterogéneas (especies como clases naturales o tipos de cosas, y especies como productos evolutivos, utilizadas en la biología en diferentes aplicaciones) en una representación homogénea.¹⁵ Como lo sugiere Brigandt en un artículo reciente (Brigandt 2009), estas diferentes maneras de entender lo que es una especie no son excluyentes, sino que más bien deben entenderse como representaciones útiles en diferentes contextos epistémicos. Tomarse en serio esta idea requiere tomarse en serio que las diferentes representaciones heterogéneas de lo que hay, como las clases naturales de las ciencias especiales en Quine, no son dispensables, sino integrables a través del avance del entendimiento.

Una vez que se abandona el monismo ontológico asociado con la distinción entre ciencias fundamentales y especiales, la navaja de Ockham ya no puede verse como promoviendo una poda que termine en un desierto. Más bien, la navaja de Ockham debe verse como buscando clasificar de la manera más fructífera posible lo que hay, de manera tal que nuestro entendimiento avance. Una vez que el fundacionismo se abandona, el avance del entendimiento tiene que ligarse a la integración de representaciones heterogéneas de lo que hay. La navaja de Ockham pues nos lleva a tener que reconocer entidades abstractas como espacio-tiempo, especie o molécula-como-computación como parte de nuestra ontología. Pero más importante, nos lleva a reconocer que la ontología de la ciencia está compuesta por representaciones heterogéneas de lo que hay. Contrario a la intuición de Quine, Minkowski y Hennig, tenemos que mantener distinciones entre los tipos de cosas que consideramos existentes. Pero no como una distinción fija, sino como una distinción modulable por los requisitos epistémicos que va requiriendo el avance del entendimiento en diferentes contextos epistémicos. Como lo pone Cantwell Smith en respuesta a Dennett:

La teoría de la ontología y la teoría de la representación y la intencionalidad tratan de fenómenos intrínsecamente interconectados. Estudiar uno de ellos sin estudiar los otros sería como estudiar el tiempo sin estudiar el espacio. El tiempo no es el espacio, por supuesto; nadie piensa que son idénticos. Pero uno no puede tener una teoría adecuada de uno sin estudiar el otro. Y pienso que lo mismo sucede con representación y ontología. (Brian

¹⁵ Si la ontología se reduce a una caracterización homogénea de lo que hay entonces como en Minkowski, en Quine, en Hennig, y en Hull se tiende a asociar la ontología con algo que no tiene historia, con algo que simplemente es (Hull 1989, p.187). No sólo la historia deja de estar representada en la ontología (algo que puede ser un fin deseable en la física) sino que se pierden de vista tensiones entre nuestras tipologías y explicaciones relevantes respecto a cómo las cosas que constituyen nuestros tipos o clases relevantes llegan a ser lo que son.

Cantwell Smith – respuesta a Dennett - en: Clapin (ed.) 2002, p. 238)¹⁶

Lo que dice aquí Cantwell Smith es una generalización de la idea de Minkowsky en la cita que puse como epígrafe. Mi interés en este trabajo es mostrar que esta manera de ver la relación entre ontología y representación encaja muy bien con una epistemología del entendimiento en la que el fin preeminente es la integración de representaciones heterogéneas. Esto sugiere una manera diferente de entender la relación entre ontología y epistemología de la que heredamos del empirismo lógico en filosofía de la ciencia.

Bibliografía:

Amundson, R., “Typology Reconsidered: Two Doctrines on the History of Evolutionary Biology”, *Biology and Philosophy*, 13 (1998), 153-177.

_____, *The Changing Role of the Embryo in Evolutionary Thought: Roots of Evo-Devo*, Cambridge, Cambridge University Press, 2005.

Barwise, J., “Heterogeneous Reasoning”, en G. J. B. Allwein (eds.), *Logical Reasoning and Diagrams*, New York, Oxford University Press, 1996.

Brigandt, I., “Natural kinds in evolution and systematics: metaphysical and epistemological considerations.”, *Acta Biotheoretica*, 57 (2009), pp. 77-97.

Cartwright, N., *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge, [Cambridge University Press](http://www.cambridge.org), 1999.

Callender, C., y Cohen, J., “There Is No Special Problem About Scientific Representation”, *Theoria*, 55 (2006), pp. 67-85.

Clapin H. (ed.) - *Philosophy of mental representation* - Oxford, Clarendon Press, 2002

Dupré, J., *The Disorder of Things. Metaphysical foundations of the disunity of science*, Cambridge, Harvard University Press, 1993.

Elgin, C., "Understanding and the Facts", *Philosophical Studies*, 132 (2007), pp. 33-42.

¹⁶ La traducción de la cita es mía (sm).

Fisler, K., "A diagrammatic logic for reasoning about Asynchronous Hardware", en Allwein G. y Barwise J. (eds.), *Working Papers on Diagrams and Logic*, Bloomington, Indiana University, 1993.

Friedman, M., "Explanation and Scientific Understanding", *Journal of Philosophy*, 71 (1974), pp. 5-19.

Ghiselin, M.T., "The adaptative significance of gastropod torsión", *Evolution*, 20 (1966), pp. 337-348.

Hacking, I., *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983. (trad. al castellano UNAM-PAIDOS 1996).

_____, *Scientific Reason*, Taipei, Der-Lan YEH/ Jeu-Jenq YUANN, 2009.

Hempel, C. G., *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science*, New York, Free Press, 1965.

Hennig, W., *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*, Berlin, Deutscher Zentralverlag, 1950.

Hull, D., *The metaphysics of evolution*, Albany, State Universtiy of New York Press, 1989.

Kvanvig, J., *The Value of Knowledge and the Pursuit of Understanding*, New York, Cambridge University Press, 2003.

Ladyman, J., *et. al.*, *Every thing must go-Metaphysics naturalized*, New York, Oxford University Press, 2007.

Love, A., "Typology reconfigured: From the Metaphysics of Essentialism to the Epistemology of Representatio", *Acta Biotheor*, 57 (2009), pp. 51-75.

Mabee, P. M., *et. al.*, "Phenotype Ontologies: the bridge between genomics and evolution", *Trends in Ecology and Evolution*, 22 (2007), pp.345-350.

Martínez, S., *Geografía de las Prácticas Científicas*, México D.F., UNAM, 2003.

Minkowski, H., "Space and Time", en Einstein A, Lorentz H., Weyl H, Minkowski, H., (eds.), *The Principle of Relativity*, New-York, Dover, 1952 [1908].

Quine, W., "On what there is", *Review of Metaphysics*, 5 (1948), pp. 21-38.

_____, *Word and Object*, Cambridge, MIT Press, 1960.

Regev, A. y Shapiro, E., "Cells as Computation", *Nature*, 419 (2002), p. 343.

Riesch, H., "Simple or Simplistic? Scientists' Views on Occam's Razor", *Theoria* 67 (2010), pp. 75-90

Salmon, W., *Scientific Explanation and the Causal structure of the World*, Princeton, Princeton University Press, 1984.

Sloman, A., “Diagrams in the Mind?”, en Anderson, M., Meyer, B., y Olivier, P. (eds.), *Diagrammatic Representation and Reasoning*, Berlin, Springer, 2002.

Wimsatt, W., “False Models as means to Truer Theories”, en M. Nitecki and A. Hoffman (eds.), *Neutral Models in Biology*, Londres, Oxford University Press, 1987, pp. 23-55.

_____, *Re-engineering philosophy for Limited Beings: Piecewise Approximations to Reality*, Cambridge, Harvard University Press, 2007.

Winther, R., “Introduction: from a philosophical point of View”, *Acta Biotheoretica* 57 (2009), pp. 5-10.