

Stoa

Vol. 14, no. 27, 2023, pp. 173-226

ISSN 2007-1868

EL REALISMO ESTRUCTURAL COGNITIVO
EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA: RECONSTRUCCIÓN
Y PRESENTACIÓN CRÍTICA

Cognitive Structural Realism in the Philosophy of Science
reconstruction and critical presentation

ALEJANDRO VÁZQUEZ DEL MERCADO
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Nacional Autónoma de México
vazquezdelmercado@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0686-3782>

RESUMEN: Este artículo ofrece una reconstrucción de las tesis principales del realismo estructural cognitivo en filosofía de la ciencia, para examinar sus compromisos teóricos y la viabilidad de estos. Con esta finalidad, se analiza de manera crítica la versión conexionista de P. M. Churchland y la versión de procesamiento predictivo de M. D. Beni. Posteriormente, se identifican las tesis centrales y se propone una distinción entre realismo estructural cognitivo fuerte y débil. Finalmente, se abordan algunos de sus problemas y desarrollos potenciales.

PALABRAS CLAVE: realismo estructural · estructuralismo científico · modelos científicos · conexionismo · procesamiento predictivo · cognición 4E

ABSTRACT: This article offers a reconstruction of the main theses of cognitive structural realism in the philosophy of science, to examine its theoretical commitments and their viability. To this end, the connectionist version of P. M. Churchland and the predictive processing version of M. D. Beni are critically analyzed. Subsequently, the central theses of the position are identified and a distinction between strong and weak varieties of cognitive

Recibido el 15 de enero de 2022
Aceptado el 15 de junio de 2022

structural realism is proposed. Finally, some of its problems and potential developments are addressed.

KEYWORDS: structural realism · scientific structuralism · scientific models · connectionism · predictive processing · 4E cognition

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es ofrecer una reconstrucción de los compromisos teóricos del realismo estructural cognitivo, una familia de posturas minoritarias en filosofía de la ciencia que no ha recibido suficiente atención en la literatura. Esto permitirá examinar con más claridad sus problemas y las conexiones teóricas entre distintas versiones, así como trazar nuevas líneas de investigación que a primera vista no son evidentes.

El realismo estructural cognitivo sostiene que en las teorías científicas exitosas hay una correspondencia entre la estructura del mundo (indicada por la teoría), la estructura formal de la teoría y la estructura de la cognición del agente que elabora o utiliza la teoría. En el caso más fuerte, la estructura de la teoría se encuentra físicamente instanciada en la estructura cognitiva del agente. Para defender lo anterior, se combinan elementos del realismo estructural, la visión semántica de las teorías y la visión pragmática en la tradición de modelos cognitivos. De acuerdo con los defensores del realismo estructural cognitivo, esta correspondencia resuelve problemas acerca de la epistemología y el carácter representacional de las teorías, gracias a que propone una manera de naturalizar la representación científica.

Una dificultad para llevar a cabo la reconstrucción que propongo es el escaso número de defensores del realismo estructural cognitivo desde su primera formulación explícita (Beni 2017a), así como la poca cantidad de comentarios y críticas en la literatura, con la excepción de una reseña (Jones 2020).¹ En parte, esta falta de interés se debe a que las pocas defensas disponibles de la postura presentan tres problemas en su exposición: (a) No hay suficiente claridad con respecto a las diferencias entre el realismo estructural cognitivo y las alternativas cercanas. Por otra parte, (b) parece a primera vista dudoso que exista una metodología viable para hacer

¹ De Regt (1995, cap. 2) examina el potencial de la filosofía de la ciencia conexionista de Churchland para proveer un argumento realista distintivo, concluyendo negativamente. Aquí me concentraré en problemas relacionados con la estructura teórica y me basaré en escritos más recientes de Churchland. Unos pocos trabajos (*e.g.* (Bechtel (1996))) abordan la filosofía de la ciencia conexionista previa de Churchland, pero sin entrar de lleno al tema del realismo.

filosofía de la ciencia desde esta visión. Finalmente, (c) las alternativas disponibles están demasiado ligadas a modelos muy específicos de la cognición humana, lo cual hace que no sean de interés general. Si —como conjeturo— la falta de involucramiento con esta postura se debe en parte a las idiosincrasias de las versiones existentes y la manera cómo han sido presentadas, hace falta un trabajo de reconstrucción antes de elaborar una crítica directa.

Para responder a los tres problemas anteriores llevo a cabo una presentación de las dos versiones existentes del realismo estructural cognitivo: la conexionista de Paul M. Churchland (Churchland 2012) y la predictivista de Majid D. Beni (Beni 2019) —ambas con importantes elementos corporizados—, y contextualizo las motivaciones para explorar estas alternativas en el espacio de posturas. Como parte de la reconstrucción que ofrezco, propongo hacer una distinción entre realismo estructural cognitivo fuerte y débil. Considero tanto a Beni como Churchland representantes de la versión fuerte de la tesis. En cambio, como muestro más adelante, el realismo estructural cognitivo débil es una postura prácticamente por explorar. Considero que plantear la distinción es un primer paso necesario para comprender mejor los retos del realismo estructural cognitivo y explorar alternativas sustantivamente diferentes a aquellas existentes en la literatura.

Al mostrar cuáles son las tesis centrales del realismo estructural cognitivo y la manera como se relacionan, busco contribuir a una mejor comprensión de la postura, junto con sus debilidades y fortalezas, así como de su potencial para desarrollos futuros. Hasta ahora el realismo estructural cognitivo ha sido articulado prácticamente como un monólogo. Mi objetivo es indicar algunas vías para que pueda convertirse en un debate en el que participe enérgicamente la comunidad filosófica hispanohablante que, como lo muestra este volumen, ha estado fuertemente presente en otras discusiones relacionadas con el estructuralismo en filosofía de la ciencia.

En la sección 2 enfatizo cómo el realismo estructural cognitivo ofrece una manera de concebir a las teorías científicas que se distingue de las alternativas existentes. Para ello, comienzo con una caracterización general del realismo estructural cognitivo en el contexto de la visión semántica y la pragmática —particularmente en la tradición de modelos cognitivos—, así como algunos acercamientos entre ambas visiones. También señalo brevemente algunas diferencias entre el modo como ambos enfoques tra-

tan el problema de la representación científica y abordo puntos de contacto entre ellos. Después, acuño una distinción entre realismo estructural fuerte y débil. En esta parte muestro cómo una propuesta de (Giere 1994) —que tuvo poca continuidad y no ha sido tomada en cuenta por el realismo estructural cognitivo— podría considerarse un antecedente importante de la variedad débil.

Las secciones 3 y 4 son de carácter principalmente expositivo y abordan de manera respectiva la versión conexionista situada del realismo estructural cognitivo de Churchland y de la versión predictivista corporizada de Beni. Ambas son ejemplos de la variedad fuerte, y —hasta donde tengo conocimiento— son las únicas propuestas defendidas en la literatura filosófica contemporánea. Con el objetivo de que esta presentación sea autocontenida, cada una de las dos secciones comienza por ofrecer elementos introductorios acerca de los modelos de la cognición en los que se basan los autores, indicando las referencias necesarias para expandir los puntos más importantes. A riesgo de abusar del espacio disponible, hago un esfuerzo por dar una presentación accesible con la finalidad de que este texto pueda ser de utilidad a quienes no trabajan en filosofía de las ciencias cognitivas y tienen interés en examinar algunas de las consecuencias que el conexionismo y el predictivismo pueden tener para la filosofía de la ciencia y la epistemología.

En la sección 5 llevo a cabo una reconstrucción del realismo estructural cognitivo a partir de sus tesis centrales. Para ello identifico cinco tesis y una sexta que distingue a la versión fuerte de la débil. Esto es importante debido a que los exponentes frecuentemente amalgaman tesis que en realidad son independientes, con lo cual se vuelve confuso entender cuáles son exactamente los compromisos teóricos de cada propuesta. Asimismo, la reconstrucción ofrecida aquí permite observar con mayor claridad las relaciones entre diferentes versiones por medio de un contraste entre sus mecanismos de representación y las distintas estructuras representacionales que postulan.

En la sección 6 ofrezco ideas sobre el futuro del realismo estructural cognitivo de un modo programático. En primer lugar, hago un recuento de sus diferencias más notorias con otras visiones de las teorías científicas, enfatizando su carácter distintivo. Después señalo algunos problemas y limitaciones que tienen las propuestas existentes para incorporar ciertos aspectos de la práctica científica, particularmente aquellos relacionados

con su carácter social. Como sugerencia para avanzar en la solución de estos problemas, menciono brevemente algunas maneras en las que podría explorarse el realismo estructural —particularmente la versión débil— en futuros trabajos.

2. El realismo estructural cognitivo como concepción de las teorías

El realismo estructural cognitivo (REC) es una familia de posturas en filosofía de la ciencia que conjuntan: (a) la tesis epistemológica y metafísica de que las teorías científicas exitosas proveen conocimiento estructural del mundo, o realismo estructural (RE), (b) la tesis de que las teorías científicas son (en algún sentido no-trivial) estructuras formales —un punto fuertemente relacionado con la visión semántica de las teorías (VST)— y (c) la idea de que este conocimiento estructural es posible gracias a la correspondencia entre dichas estructuras formales y las estructuras cognitivas de los agentes que producen y hacen uso de las teorías científicas, acercándose así a las versiones estructuralistas del programa de modelos cognitivos de la ciencia (MCC).²

La persona interesada en REC no encontrará prácticamente defensores en la literatura, al menos de manera explícita. La exposición y defensa más extensa se encuentra en el libro de Majid D. Beni (Beni 2019), *Cognitive Structural Realism: A Radical Solution to the Problem of Scientific Representation*. Ahí, apoyándose en sus propios trabajos (2017a, 2017b, 2018a, 2018b), articula de manera global —aunque esquemática— una versión de REC en el marco del realismo estructural óntico y el procesamiento predictivo corporizado.

Beni acuña un término para el *realismo estructural cognitivo* y atribuye la creación de la postura a Paul M. Churchland quien ofreció un esbozo en los últimos capítulos del libro *Plato's Camera: How the Physical Brain Captures a Landscape of Abstract Universals* (2012). Beni dedica una parte sustantiva de su trabajo (cap. 5) a exponerlo. Los escritos Churchland de las últimas dos décadas difieren de manera importante de otros trabajos previos del mismo autor (*e.g.* 1979), al incluir elementos de cognición situada. El trabajo reciente de Churchland (2012) se trata de una sugerencia acerca de cómo su teoría de representación mental conexionista podría extenderse para explicar la evolución cultural y el conocimiento

² Tomo el término de (Beni 2019a). Al igual que él lo utilizo para referirme al programa centrado en modelos cognitivos dentro de la concepción pragmática de las teorías científicas.

más abstracto, ofreciendo con ello un paradigma con el potencial de resolver algunos de los problemas más importantes en filosofía de la ciencia (*e.g.* representación, subdeterminación, reducción interteórica, etcétera). El diálogo con las diferentes concepciones de la filosofía de la ciencia que se encuentra en el trabajo de Beni está ausente en el texto citado y sólo se encuentra de manera parcial y fragmentaria en presentaciones anteriores.³

Para ubicar a REC en el mapa de las concepciones más cercanas sobre las teorías científicas⁴ será útil dar un breve contexto.

Junto con la visión sintáctica de las teorías científicas, los programas de trabajo principales en filosofía de la ciencia son la visión semántica de las teorías (VST) y la visión pragmática. Para la visión sintáctica, una teoría corresponde con una organización axiomática de un conjunto de enunciados expresados en un lenguaje formal (que captura de manera adecuada la gramática de la teoría) e interpretados a partir de reglas de correspondencia con observaciones empíricas. Esta fue la concepción preponderante durante la mayor parte del siglo XX. Desde hace casi cuatro décadas, las perspectivas predominantes son por el contrario no-enunciativas: VST y la visión pragmática de las teorías científicas.

De acuerdo con VST, una teoría se identifica con la familia de estructuras matemáticas que son modelos de dicha teoría. Una tesis común, es la siguiente: dichos modelos se encuentran jerárquicamente organizados, desde las partes más abstractas de la teoría hasta sus aplicaciones contextuales cada vez más concretas, hasta llegar a los datos (Suppes 2002). A diferencia de la visión sintáctica, en VST no se requiere una formulación canónica de la teoría en un lenguaje determinado (*e.g.* metalógica). Una consecuencia metodológica para la filosofía de la ciencia es que la

³ Una presentación global de una versión anterior de su propuesta, que aún no involucra elementos de cognición situada, puede encontrarse en Churchland (1992). El trabajo citado trata problemas de filosofía de la ciencia, pero no se aborda directamente el problema sobre cómo se estructuran las teorías científicas, ni la cuestión acerca de si la representación científica requiere de elementos pragmáticos.

⁴ Hablo aquí de concepciones sobre las teorías científicas o sobre la naturaleza de las teorías científicas para referirme a algo ampliamente conocido en la literatura como *visiones sobre la estructura de las teorías científicas* (Winther 2021) y que incluye la conocida división tripartita en sintáctica, semántica y pragmática. Para evitar confusión, y siguiendo a Giere (1994), reservaré el término de estructura para un uso restringido, refiriéndose al modo cómo se individúan y se organizan las partes de las teorías científicas. De este modo, dos semanticistas podrían tener visiones distintas sobre la estructura de las teorías (*e.g.* modelo-teórica, espacios de estado) y por otra parte alguien podría tener una visión estructural de las teorías desde la concepción pragmática (*e.g.* Giere, Weisberg, etcétera), sin por ello ser un representante de VST (ver Cuadro 2).

reconstrucción de teorías puede llevarse a cabo con todas las herramientas que proveen las matemáticas informales, sin necesidad de axiomatizar las teorías matemáticas dentro de la reconstrucción. Las maneras particulares de reconstruir teorías, *grosso modo*, pueden dividirse en dos grupos (Winther 2021): con semánticas de espacio de estados⁵ (*e.g.* Van Fraassen 1989) y herramientas modelo-teoréticas (*e.g.* Suppes 2002, García de la Sierra 2019).⁶

La organización jerárquica de modelos también se ha utilizado como elemento central de una teoría de la representación científica. Tomemos ahora el caso de las reconstrucciones modelo-teoréticas. A través de distintos morfismos (usualmente isomorfismos), se establece cuáles son los modelos a los que respectivamente refieren los modelos abstractos en distintos niveles de la jerarquía. Asimismo, la relación de representación no sólo es intrateórica, sino que —al menos en las versiones realistas— la teoría representa a la realidad. Hay dos maneras importantes de caracterizar la representación científica de manera realista. En la más usual se considera que la jerarquía de modelos que surge a partir de los datos hasta las partes más abstractas de la teoría representa directamente a realidad debido a que existen relaciones estructurales, tales como isomorfismos entre ambas. En la segunda manera de caracterizar el problema, la jerarquía de modelos establece una serie de relaciones de representación que llegan al nivel más bajo, el de los datos. No obstante, la relación entre los datos y el mundo no es directa, sino que requiere de la caracterización de un constructo que es llamado de distintas maneras por teóricos distintos, como por ejemplo “*Gedankenkonkretum*” (García de la Sierra 2019, p. 57).

El problema principal de esta primera manera de entender la representación radica en que la relación de isomorfismo es demasiado permisiva (*cf.* Beni 2019, cap. 3), de modo que no basta para establecer inequívocamente los compromisos ontológicos de la teoría. Por supuesto, una persona ha-

⁵ Interpretada de manera geométrica, una semántica de espacios de estado caracteriza a un sistema a partir de un espacio multidimensional. Cada dimensión representa alguna variable fundamental (*e.g.* presión, temperatura, ubicación) y cada punto en el espacio es un estado del sistema. Una vez que se indican cuáles son las trayectorias permitidas entre estados, se tiene un espacio de configuración. Una teoría está constituida por un espacio de configuración y un conjunto de condiciones iniciales permitidas.

⁶ Incluyo aquí a las reconstrucciones que se limitan a utilizar teoría de conjuntos, como las de los llamados estructuralistas como Balzer, Moulines, Sneed, Stegmüller. También ignoro las críticas de los semanticistas que dan razones para excluirlos (*e.g.* Suppe 1989), que ya han sido abordadas previamente (*cf.* Lorenzano 2013).

ciendo filosofía de la ciencia puede aprovechar su conocimiento de cuáles son los modelos pretendidos al elaborar e interpretar una reconstrucción y aun así beneficiarse de ella. De ser exitosa, dicha reconstrucción permitirá examinar las relaciones intrateóricas de distintos elementos y arrojar claridad sobre cuáles son los compromisos ontológicos de la teoría. No obstante, esto deja sin responder cuáles son los criterios objetivos para determinar cuáles son los modelos pretendidos del agente.

Es imperativo dar una respuesta al problema de la representación para quien busque centrar una explicación global de los aspectos principales de la ciencia en desarrollos teóricos del tipo de VST. Como se mencionará un poco más adelante, existen versiones contemporáneas que ofrecen herramientas en esta dirección (Da Costa y French 2003), mismas que rechaza Beni por considerarlas esfuerzos insuficientes. Por otra parte, las versiones de VST que postulan una etapa previa de idealización o abstracción, quedan a deber una parte importante de la explicación.

¿Cómo se llevan a cabo esos constructos, qué condiciones de adecuación tienen y qué garantiza que tengan capacidades representacionales? Estas preguntas llevadas a sus últimas consecuencias sugieren la necesidad de explorar soluciones más cercanas a los aspectos cognitivos de la ciencia.

La otra tradición de la que se desprende REC es la de modelos cognitivos de la ciencia (MCC). Se trata de un proyecto ubicado dentro de la visión pragmática de las teorías científicas. En la visión pragmática, la representación no es una relación diádica entre el mundo y la teoría, sino una relación triádica que incluye mundo, teoría y agentes. En ella se considera que los modelos cognitivos ejercen sus capacidades de representación cuando son usados (de manera apropiada) por los agentes. Esto permite extender las teorías más allá de sus elementos matemáticos y/o lingüísticos, para incluir imágenes, instrumentos y prácticas sociales. El trabajo de representación principal depende de la actividad cognitiva de los agentes que utilizan los modelos de una teoría, pero no existe un compromiso *prima facie* de que las teorías se encuentren instanciadas en agentes o en uno solo de los modelos. La concepción de las teorías desde MCC se caracteriza por integrar frecuentemente los aspectos sociales de la ciencia, de manera similar a otros trabajos dentro de la visión pragmática que se apoyan en las ciencias sociales (*e.g.* Fuller *et al.* 2013). Asimismo, se caracteriza por su énfasis por los modelos cognitivos —y no teorías completas— como

unidad principal de análisis, frecuentemente con el apoyo de las ciencias cognitivas (*e.g.* Giere 1986).

En este segundo rubro se ubica el proyecto de MCC, que consiste en enfocarse en el papel de los científicos como agentes cognitivos utilizando herramientas de la psicología y la lingüística. Sin embargo, los trabajos típicos elaborados en el paradigma de MCC toman con seriedad los distintos problemas relacionados con la representación científica, la individuación de los diferentes tipos de representación (Frigg y Nguyen 2020) y los intercambios entre agentes. Por ello, muchas propuestas resaltan el importante papel de la cognición distribuida y situada en la ciencia, en tanto que los modelos cognitivos y sus descripciones⁷ o representaciones materiales no sólo son vehículos de información, sino que realizan una parte sustantiva del trabajo representacional.

No obstante, de acuerdo con Beni (2019, cap. 2) hay un problema fundamental con MCC: las propuestas más viables para dar cuenta de la representación científica (*e.g.* Giere 1988, Godfrey-Smith 2006, Weisberg 2013)⁸ involucran nociones informales de similitud, con los correspondientes problemas de vaguedad y criterios de aplicación insuficientes. Esto dificulta tanto la posibilidad de construir una teoría de la representación científica como las perspectivas de sostener un realismo científico desde MCC. Sin criterios claros no se puede sostener fácilmente que hay una cuestión de hecho—independiente de lo que diga tal o cual reconstrucción de la teoría—sobre si un modelo utilizado por un agente está representando una determinada parte de la realidad.

En contra de esta objeción podría decirse que el primer objetivo, el de proveer una teoría de la representación científica desde el suelo, no necesariamente es una de las finalidades del programa. Por ejemplo, Giere (2010b, p. 272) es abiertamente escéptico acerca de este tipo de proyecto: “dudo que sea posible dar cuenta de la representación en general de una manera no-circular (o reductiva)”. Cabe notar también, contra la acusación de vaguedad, que a la fecha continúan desarrollándose versiones cada vez más sofisticadas y precisas de la representación científica desde MCC, *e.g.*

⁷ Siguiendo a Giere (1988), distingo entre modelos como sistemas abstractos (*e.g.* el modelo planetario del átomo) y lo que se usa para comunicarlos (*e.g.* diagramas, una descripción en lenguaje natural, fórmulas, etcétera), llamando a lo segundo *descripción de modelo*.

⁸ Escojo tres de los ejemplos que da Beni (2019, p. 25).

el modelo DEKI⁹ de Frigg y Nguyen (2020, cap. 8). Del mismo modo, el realismo —y en particular el realismo referencial— no es un desideratum tan ampliamente compartido como lo es, por ejemplo, el de incluir algún grado de objetividad en la ciencia. La crítica de Beni está dirigida a quienes compartan ambos desiderata para motivarlos a considerar seriamente una solución en la misma línea que la “instancia neuralmente fundada” de MCC¹⁰ elaborada por Churchland (2012, p. 23).

Las dos concepciones de las teorías científicas mencionadas en los párrafos anteriores son las fuentes de REC, pero difieren en aspectos importantes. Para VST la representación es una relación diádica entre estructuras. Para MCC, y para la visión pragmática en general, es una relación triádica en la que los agentes usan modelos para representar el mundo.¹¹ A pesar de esta incompatibilidad, existen intentos de acercamiento previos a REC que vale la pena mencionar.

El primer antecedente —expuesto con relativo detalle por Beni (2019, cap. 3)— proviene de VST, y se desprende del trabajo sumamente influyente de Newton C. A. Da Costa y Steven French, 2003 que inicia (al menos de manera efectiva) una subtradición a la que me referiré como la versión *pragmática* de VST. En dicho trabajo, se utilizan herramientas modelo-teoréticas como isomorfismos parciales (tomados de Mikenberg *et al.* (1986)), para reconstruir a las teorías científicas incorporando elementos que permiten modelar el uso que le dan los agentes en distintos contextos.¹²

Otro antecedente que acerca las concepciones semánticas a las pragmáticas, y que no es mencionado por Beni (2019), puede encontrarse en una

⁹ Acrónimo de “denotation, exemplification, keying-up, and imputation” [denotación, ejemplificación, puesta en clave, imputación].

¹⁰ Churchland (2012, p. 23) lo formula de un modo ligeramente distinto: “La visión de las teorías a defender aquí es una instancia neuralmente fundada de la tradición representada por Mary Hesse, Thomas Kuhn, Ronald Giere, William Bechtel, Nancy Cartwright y Nancy Neressian. Dicha tradición se concentra en el papel de los modelos, metáforas, paradigmas, mecanismos y ‘máquinas nomológicas’ idealizadas con respecto a la elaboración de teorías científicas.”

¹¹ Una versión extrema de representación triádica es el griceanismo general (Callender y Cohen 2006), donde basta con que un agente lingüístico estipule que un modelo cognitivo representa algún fenómeno para que esto sea el caso. Para una versión matizada, menos deflacionista del griceanismo general ver Ruyant (2021b).

¹² Las estructuras parciales son “el locus primario de la actividad epistémica” (Da Costa y French 2003, p. 20). Así, VST pragmática abre la puerta para estudiar con mayor precisión fenómenos relacionados con los agentes científicos, como el manejo de inconsistencia (*e.g.* Bueno 1999) y la ignorancia (*e.g.* Martínez-Ordaz 2021), así como para refinar el estudio de problemas diacrónicos como el cambio teórico (*e.g.* Bueno 1999) y el progreso científico (*e.g.* Saatsi 2019).

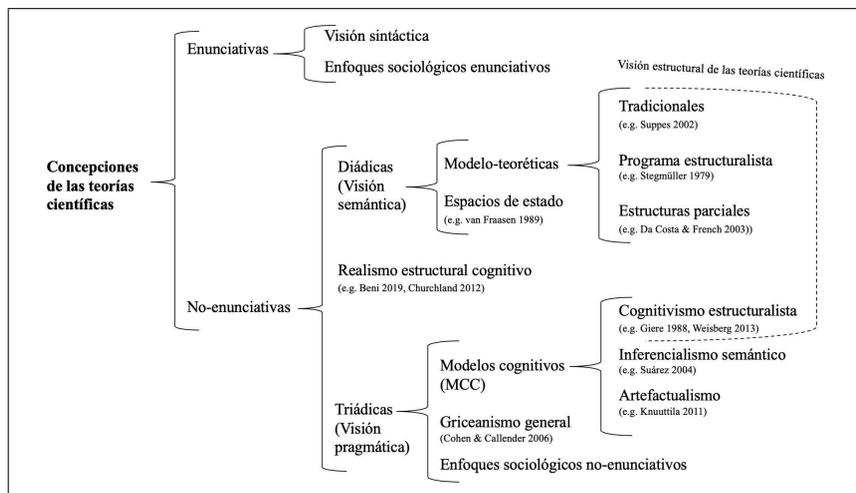


Figura 1: Una posible clasificación de las distintas concepciones de las teorías científicas.

propuesta aislada de Giere. Con ello no me refiero a su concepción de las teorías científicas como estructuras (usualmente, como espacios de estado), sino a una propuesta más específica. En “The Cognitive Structure of Scientific Theories” (1994), Giere sugiere que las teorías tienen una estructura modelo-teorética, y que esto no es incompatible con la visión pragmática y naturalista que busca articular desde MCC. La idea es la siguiente: existe un continuo desde los procesos de categorización en los actos de percepción y conceptualización de los agentes cognitivos hasta la categorización que se lleva a cabo utilizando una teoría científica; es decir, desde los datos observacionales hasta los términos teóricos más abstractos. Para Giere, la mejor manera de entender esta continuidad es por medio de una reconstrucción de la teoría científica utilizando las herramientas de la teoría de modelos.

Para la parte cognitiva, Giere se apoya en los trabajos respectivos de Rosch (1973) en categorización de colores y de Lakoff (1987) sobre modelos cognitivos idealizados. Tanto en lo cognitivo como en las distintas partes de la teoría, hay un proceso de abstracción. Posteriormente, intenta mostrar cómo al reconstruir una teoría —su ejemplo es el movimiento pendular— como una jerarquía de modelos, se pueden iluminar distintos elementos (incluyendo el proceso de descubrimiento).

En el texto referido de Giere (1994), no se aborda la cuestión del realismo / anti-realismo¹³, de modo que faltaría este elemento para que este antecedente fuera verdaderamente una versión de REC. Como mero ejercicio, sería interesante defender un RE desde dicha perspectiva. Si bien no es posible hacerlo aquí, para dar una idea esquemática considero que esto podría llevarse a cabo con una reconstrucción (o una propuesta parecida) a la idea de Quine (1969) en el artículo clásico “Natural Kinds.” Quine sostiene lo siguiente: debido a que la categorización innata ha sido configurada por la evolución, esto permite un conocimiento de la realidad mínimamente suficiente como para llevar a cabo algunas inducciones exitosas.¹⁴ A lo largo de la historia humana, mediante la creación de conceptos y teorías que buscan realizar predicciones correctas, las categorías se refinan y ofrecen un conocimiento estructural cada vez más detallado.¹⁵

A pesar de omitir el tema del realismo en el trabajo citado, Giere (1994) no sólo provee un ejemplo de acercamiento entre VST y MCC mayor al de otras versiones estructurales de MCC (incluyendo otros trabajos suyos), sino que también es un antecedente de REC en un sentido más relevante. En su propuesta esquemática, la continuidad entre la estructura cognitiva y la estructura de la teoría juega un papel crucial para explicar cómo es explotada (y cómo fue construida) por los agentes, así como su capacidad para representar la realidad. Según Giere, existe una jerarquía que comienza en las primeras estructuras cognitivas, y en el mismo agente continúa el proceso de abstracción de manera gradual hacia otras partes abstractas de los modelos científicos, las cuales ya no forman parte de la estructura cognitiva. Esta transición grácil se explica porque ambas realizan de ma-

¹³Chakravarty (2001) da argumentos en contra de la posibilidad de defender un realismo desde las visiones modelo-teóricas sobre la estructura de las teorías científicas. Una de sus críticas está destinada al texto citado de Giere (1994), para ello muestra que su postura no puede acomodar el realismo constructivo defendido en trabajos previos (e.g. Giere 1988).

¹⁴Es importante notar que este proceso de arranque o *bootstrapping* del que habla Quine es de tipo etiológico / histórico. Los conceptos primitivos no necesariamente son partes constitutivas de los conceptos más avanzados, sino que podría tratarse simplemente de una sustitución paulatina. Se requeriría que la continuidad fuera además sincrónica, para considerar a Quine como un realista estructural cognitivo. Lo mismo puede decirse de la epistemología naturalista de Millikan (1984).

¹⁵Quine llama a su postura metafísica “relativismo ontológico”, pero sus presupuestos principales corresponden a un RE epistémico (cfr. Frigg y Votsis 2011), que en aquel momento no contaba con un nombre estandarizado.

nera conjunta una sola jerarquía que corresponde a una misma estructura abstracta¹⁶ (Fig. 2).

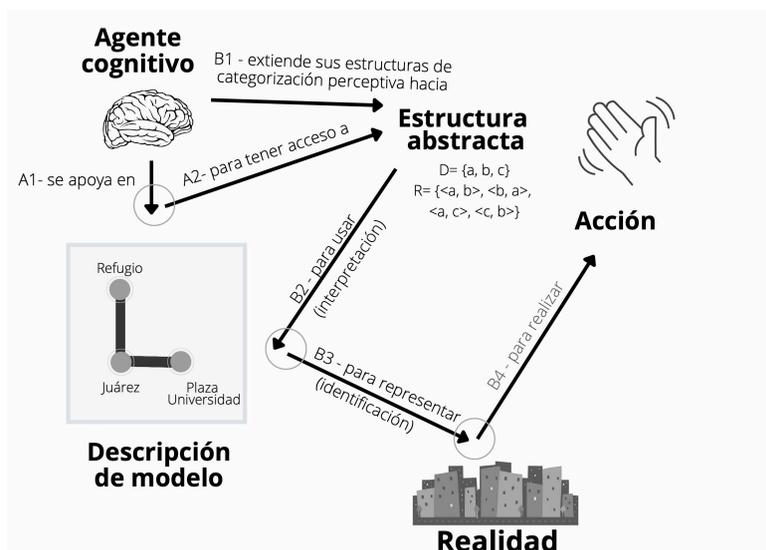


Figura 2: Reconstrucción de un realismo estructural cognitivo inspirado en Giere (1994). La *acción* no aparece en Giere (1994), pero es parte de la teoría intencional de la representación formulada de manera más sucinta en trabajos posteriores (e.g. Giere, 2010b). Explicación de cómo utilizando un mapa se puede tener conocimiento estructural de las conexiones de un fragmento de la red de tren ligero de la ciudad de Guadalajara, México.

Desafortunadamente la viabilidad del proyecto es limitada, dado que habría que establecer este tipo de continuidades en una gran cantidad de casos.¹⁷ Para ello, se requerirían trabajos como el citado de Rosch (1973) en categorización de colores, pero en todo tipo de cualidades perceptivas¹⁸, y posteriormente establecer una continuidad con la parte observacional de

¹⁶Utilizo los términos de estructura “abstracta” y “concreta” en el mismo sentido en que se suelen utilizar en metafísica y epistemología de la ciencia (cfr. Frigg y Votsis, 2011).

¹⁷En la sección 6 sugiero retomar el proyecto de Giere sustituyendo la categorización perceptiva por teorías más generales de la cognición, o bien estableciendo una conexión esencial entre la categorización y la estructura del pensamiento abstracto.

¹⁸Algunos ejemplos de la percepción visual podrían ser detección de movimiento, constancia de objetos, constancia de tamaño, oclusión, etcétera. La imagen se complica si admitimos contenido “rico” como el que propone Siegel (2020), de modo que un agente sería capaz de percibir directamente cosas como relaciones causales o la pertenencia de un objeto a una clase natural.

las teorías científicas. Una conjetura razonable, es que Giere confiaba de manera exagerada en la capacidad de la lingüística cognitiva (particularmente el trabajo de metáforas corporizadas de Lakoff¹⁹) para proveer de principios generales que permitieran conectar el ámbito sensomotriz con el lenguaje. Me parece que estas dificultades ayudan a explicar por qué la propuesta de Giere (1994), a pesar de sus elementos prometedores, no fue el comienzo de un paradigma metodológico sino solamente una idea aislada.

Este proto-REC reconstruido a partir de Giere (1994) es un ejemplo de lo que sugiero llamar REC débil, para distinguirlo de una versión fuerte que incluye tanto a la propuesta de Churchland (2012) como a la de Beni (2019). En REC débil, hay una estructura cognitiva —en el sentido formal de “estructura”— que es continua con la estructura de los modelos científicos y la continuidad juega un papel importante para garantizar la representación.

En cambio, para lo que sugiero llamar REC fuerte, la estructura de la teoría es instanciada por el aparato cognitivo del agente, a esto lo llamaré *estructura cognitiva*: un conjunto organizado de capacidades o procesos de relativamente bajo nivel,²⁰ como aquellos que serían objetos de la psicología cognitiva, la biología del comportamiento o la neurociencia cognitiva. Este término es neutral sobre si dichas estructuras son innatas o adquiridas.²¹ En este uso del término, una gran parte de los constructos de la sociología o la psicología social, así como sistemas de pensamiento, teorías científicas o sus partes, no son considerados aquí *prima facie* como estructuras cognitivas.

En mi propia interpretación, la auténtica relación de representación en REC fuerte se da entre la estructura cognitiva y la realidad. Las descripciones de modelo (como diagramas y fórmulas matemáticas) sólo son un medio para adquirir y/o ayudas externas para utilizar una estructura cogni-

¹⁹ Vale la pena recordar que la lingüística cognitiva es el resultado de replantear en sus alcances un proyecto anterior que ha sido ampliamente considerado como fallido: el de construir una semántica generativa. Esta semántica sería análoga a la gramática generativa chomskyana. Para una historia detallada, ver Harris (2021).

²⁰ Con esto me refiero a aquellas capacidades o tipos de procesos cuya explicación se podría integrar eventualmente con otros que plausiblemente se describirían a nivel mecánico o al menos cognitivo funcional.

²¹ En el segundo caso la adquisición debe ser algo más que sólo almacenamiento de datos o desarrollo de habilidades, pues de otra forma cualquier teoría científica aprendida por alguien sería ipso facto una estructura cognitiva, trivializando una de las tesis principales de REC.

tiva. A diferencia de MCC y REC débil, la representación no se explica con el uso intencional de los modelos cognitivos, sino a nivel subpersonal.²² Las capacidades intencionales, lingüísticas, etcétera, del agente no determinan de manera adecuada la referencia. Más bien es el hecho de que la estructura cognitiva se encuentra incrustada —y una reconstrucción de la estructura teórica debe tenerlo en cuenta— en un organismo activo, capaz de interactuar con el mundo. Se trata de la interacción de dos estructuras concretas que, en un caso completamente exitoso, son instancias de una misma estructura abstracta.

Presento a continuación una versión de juguete de REC fuerte. En esta versión simplona, cuando alguien usa un mapa del metro, en su cerebro se activa una red de neuronas que instancian el grafo correspondiente. Por gracia del ejemplo, cada neurona corresponde a una estación y las conexiones sinápticas son equivalentes a las conexiones entre estaciones.²³ En este ejemplo el grafo es el único modelo cognitivo y el mapa del metro es la única descripción de modelo, pero en el caso general podría haber modelos de diversos tipos, con distintos tipos de descripciones (fórmulas matemáticas, diagramas, etcétera). Pensemos por un momento que el mapa ya está elaborado y buscamos explicar por qué un agente es capaz de utilizarlo. La estructura de tres neuronas interconectadas no es sólo el resultado pasivo de adquirir el modelo cognitivo; sino que la estructura cognitiva es adquirida a partir de la descripción de modelo de una manera particular: desde la perspectiva del agente y sus interacciones con la realidad (de otro modo cualesquiera tres neuronas con el mismo patrón de conexión representarían las mismas estaciones de tren). Sin embargo, estas tres neuronas se encuentran a su vez conectadas con los esquemas sensoriomotrices relevantes, que explotan la estructura de sus conexiones para actuar de manera eficaz. La siguiente imagen (Fig. 3) ilustra las relaciones entre los elementos descritos.

El problema que señalé en Giere (1994) acerca de cómo zanjar la estructura cognitiva y la estructura del modelo cognitivo ha desaparecido, dado que ahora es una sola. El nuevo problema consiste en justificar de manera plausible la existencia de tal estructura cognitiva, garantizando su capaci-

²² Para una explicación de la distinción personal/ subpersonal en la filosofía de las ciencias cognitivas recientes ver Skidelsky y Pérez (2005).

²³ A este tipo de representación se le ha llamado con sorna en la literatura “neuronas de la abuela.” A riesgo de decir lo obvio, en un ejemplo más realista, la estructura probablemente no sería localizable, tampoco sería estática, ni tendría correspondencias tan simples con los objetos representados.

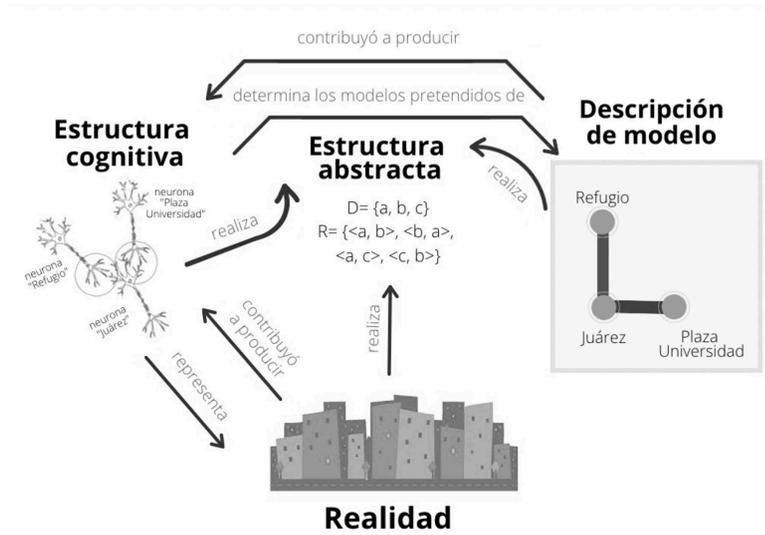


Figura 3: Realismo estructural cognitivo fuerte (versión simplificada). Explicación de cómo utilizando un mapa se puede tener conocimiento estructural de las conexiones de un fragmento de la red de tren ligero de la ciudad de Guadalajara, México.

dad de implementar teorías científicas sofisticadas. Para ello, será preciso descender hasta algunos detalles acerca de cómo se organiza la estructura cognitiva del agente; es decir, adentrarse en las versiones particulares de REC fuerte que abordaré en los siguientes dos apartados.

3. Conexionismo y realismo estructural cognitivo

El realismo estructural cognitivo conexionista (REC-C) de Churchland (2012) se basa en una arquitectura mental de procesamiento distribuido en paralelo, o conexionista, implementada con redes neuronales artificiales. Repasaré sólo brevemente sus aspectos centrales, el lector interesado que no tenga familiaridad previa puede encontrar una exposición conceptual y filosóficamente sofisticada en Clark (1993) o una exposición matemática sencilla y didáctica en Jordan (2017) o en la serie corta de videos de Grant Anderson.²⁴ El modelo más sencillo es una red neuronal de propagación

²⁴ 3Blue1Brown, *Neural Networks*,

frontal, que en términos algebraicos consiste en una sucesión de matrices que se multiplican sucesivamente, con el añadido de algún multiplicador escalar y/o función (Fig. 4). El resultado es una combinación lineal, expresada en la última matriz. Esta idealización busca capturar de manera abstracta el modo como un conjunto de neuronas con conexiones sinápticas de distinta fuerza se activan de manera sucesiva. Las redes comienzan por una primera capa de nodos, cada uno de los cuales recibe un cierto nivel de activación como input (correspondiente al número que va en las entradas de la primera matriz). Entre la capa de nodos que recibe el input y la capa final que da el output, hay una secuencia de capas ocultas. Cada uno de los nodos de una capa se “conecta” a cada uno de los nodos de la siguiente.

Actualmente, las redes neuronales son ampliamente conocidas por sus aplicaciones en aprendizaje automático profundo (*deep machine learning*). En el caso del aprendizaje automático supervisado, existe un algoritmo que, utilizando un set de datos, ajusta los pesos de múltiples capas ocultas de una red buscando maximizar su desempeño. El más usual es el algoritmo de retropropagación, cuyos detalles no es posible exponer aquí. En otras arquitecturas más avanzadas la propagación no es únicamente frontal, sino que puede ser recurrente; es decir, que algunos de los nodos de las capas posteriores pueden funcionar como insumo de las capas anteriores. Esto es sólo un ejemplo de diversas maneras en que se puede aumentar la complejidad del modelo.²⁵

A lo largo de diversos trabajos, Churchland considera que, si bien las redes neuronales artificiales son modelos idealizados, ofrecen una manera para comenzar a comprender a la representación mental desde una perspectiva no-lingüística característica de la filosofía contemporánea.²⁶ Más allá de proponer un modelo no-lingüístico de representación compleja, Churchland provee de un modo de interpretarlo sistemáticamente.

https://youtube.com/playlistlist=PLZHQObOWTQDNU6R1_67000Dx_ZCJB-3pi

²⁵Las redes neuronales son una manera de implementar diferentes tipos de computación (incluyendo computaciones al estilo simbólico tradicional). Se le llama conexionista a una arquitectura que explota las características de las redes neuronales para procesar de manera subsimbólica como los que se describen aquí.

²⁶Si bien hay excepciones notorias, como el interés de Wittgenstein por los sistemas no-lingüísticos de representación (*cfr.* Barceló, 2019, p. 232).

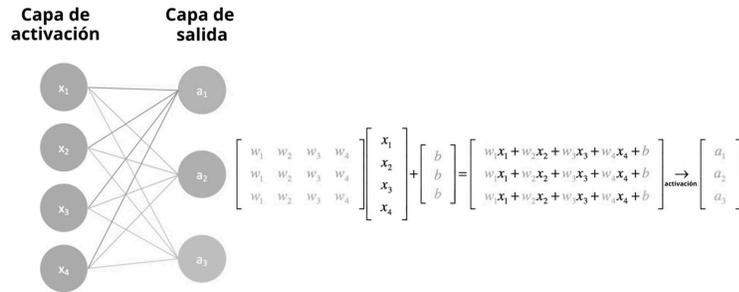


Figura 4: Red neuronal secuencial sin capas ocultas ilustrando las operaciones algebraicas que determinan el resultado y su correspondencia con la representación visual como neuronas. Imagen traducida de Jordan (2017)

Para lograr lo anterior, retoma la idea de usar una semántica de espacio de estado²⁷ en la que el contenido de una red entrenada por aprendizaje automático se interpreta geoméricamente. En una interpretación de este tipo, cada uno de los nodos representa una dimensión o grado de libertad, cuyo valor puede representar cualquier estado de cosas. Por ejemplo, en un modelo de reconocimiento de rostros una de las dimensiones puede ser la extraversión ocular o el nivel de curvatura de las cejas. Los objetos percibidos o pensados navegan un espacio y por medio de transformaciones lineales pasan a otros espacios, cada uno de los cuales puede estar especializado en distintos tipos de cognición (visoespacial, reconocimiento de rostros, etcétera). El tránsito de estos objetos en la implementación conexionista es un patrón de activación que comienza con un input a la primera capa y su modificación en las capas posteriores. El tránsito por un espacio de este tipo no es completamente libre, sino que, por decirlo de alguna forma, está “sesgado” o le da preferencia a ciertos caminos.

A esto se le llama un espacio de configuración y está determinado por los pesos de las conexiones de la red. Esto constituye el primer nivel de aprendizaje de tres que aparecen en la explicación de Churchland. (Cua-

²⁷ Para una explicación breve de los espacios de estado en el contexto de su uso en teorías científicas o en reconstrucciones metateóricas, ver nota 5.

dro 1). El aprendizaje de primer nivel consiste en la construcción y optimización del espacio de configuración de un dominio de representación, del modo anteriormente descrito. Esto corresponde a la adquisición de capacidades cognitivas que no se pueden descomponer muy fácilmente en secuencias, como la habilidad que adquiere tempranamente un niño para distinguir entre perros y gatos por mera exposición.

El aprendizaje de segundo nivel consiste en aprender modos de aprovechar el aprendizaje de primer nivel para transportarlo a otros problemas y dominios. Esto implica saber cuándo es conveniente usar determinados mapas y a qué elementos del problema deben ser aplicados. Transportar ideas de un dominio a otro, usar metáforas (incluyendo espaciales y motoras) y analogías, son ejemplos de aprendizaje de segundo nivel. Esto es posible gracias a que por medio de proyecciones en dimensiones más bajas— el contenido mental puede transitar por distintos dominios de representación.

¿Cómo justificar que es el mismo contenido el que está navegando distintos mapas? Por ejemplo, al abordar un problema de manera algebraica y después de modo geométrico, ¿qué garantiza que sea el mismo problema? La respuesta es que existe una similitud estructural en los patrones de activación de ambos dominios de representación actuando frente a los mismos estímulos, lo cual de acuerdo con Churchland se puede cuantificar con una medida estadística de similitud.²⁸ Este punto ha sido problematizado en críticas al modelo conexionista de Churchland (*cf.* Prinz 2006), aunque rara vez en el contexto de su filosofía de la ciencia (*e.g.* Bechtel 1996). Por el momento no abordaré este punto.

Suponiendo que las medidas de similitud hagan el trabajo que pretende Churchland, un punto de activación en un espacio posee contenido semántico por su relación con otros puntos del mismo mapa; así como las relaciones estructurales con otros mapas y las relaciones causales con las características estables a nivel macro del medio ambiente Churchland (1998, p. 12).²⁹ De este modo, la semántica de la propuesta incorpora de manera natural el RE, aunque esto no es explícito en Churchland. Dado que la estructura del pensamiento no es lingüístiforme, no hay un sentido

²⁸ GPA (Gutman Point Alienation), Churchland (1998, pp. 18-20). La idea la toma de los trabajos de análisis de conglomerados en redes neuronales hechos por Laakso y Cotrell (*e.g.* 2000).

²⁹ Citado en Beni (2019, p. 93).

relevante en el que las representaciones mentales podrían ser literalmente “verdaderas” (en un sentido de correspondencia).³⁰

El aprendizaje de tercer nivel es aquel que involucra otros agentes, así como “mecanismos regulatorios anidados” (Churchland 2012, p. 275), como el lenguaje y las instituciones sociales. Para que pueda existir el tercer nivel, es crucial que los humanos seamos capaces de tener el tipo de comunicación que permite el lenguaje abstracto. Desde el punto de vista de la semántica de espacio de estado, el lenguaje nos permite compartir todo tipo de contenido (imágenes, emociones, recuerdos, esquemas motores...) gracias a que éste sirve como vehículo para transmitir reducciones dimensionales de otros contenidos mentales. Como reza el refrán, una imagen dice más que mil palabras; pero las palabras pueden transmitirse fácilmente entre distintos agentes y mapas conceptuales, y al llegar a su punto de destino pueden adquirir nuevamente más dimensiones. Los mecanismos de similitud estructural para establecer la continuidad semántica entre los mapas de un mismo individuo, son los mismos que explican la posibilidad de comunicación entre agentes. De este modo, el lenguaje, junto con las herramientas cognitivas, permite la evolución cultural que en última instancia posibilita la ciencia.

De acuerdo con Churchland, las herramientas que utilizamos para el pensamiento abstracto —como el lenguaje y las matemáticas— no conforman sistemas autónomos, sino que son andamios que tienen un papel regulatorio para las capacidades cognitivas ya existentes. Al resolver un problema matemático aprovechamos nuestras capacidades inferenciales, pero también visoespaciales o quizá incluso sociales. El aprendizaje de tercer nivel tiene la capacidad de dirigir el aprendizaje de segundo nivel, fomentando que los agentes apliquen el uso de determinados mapas a distintos problemas (por ejemplo, el ábaco es un mecanismo regulador que permite aplicar la cognición espacial a problemas numéricos). Se pueden crear mecanismos regulatorios que aprovechen mecanismos regulatorios existentes, de modo que la evolución cultural humana ha consistido en

³⁰ Considero útil plantear lo anterior de la siguiente forma: el RE de REC —y en particular del REC-C— es una cuestión de humildad, i.e. que las limitaciones de la ciencia impidan un realismo de entidades (*e.g.* Worrall 1989). Más bien, la idea misma de un realismo de entidades está mal planteada porque presuponen erróneamente una estructura lingüística en la cognición humana. Esta suposición es la que ha llevado a defensores de VST, como Suppes (2002) y García de la Sienra (2019), sostener un realismo de entidades apelando a la idealización.

	Implementación física	Interpretación semántica	Objeto de cognición	Actividades asociadas
1º Nivel	Modificación hebbiana en la fuerza de las conexiones sinápticas de las redes neuronales para optimizar su desempeño. Reducción de dimensiones mediante técnicas de regresión lineal, etcétera Asociación perceptiva entre estímulos sensoriales y redes.	Construcción de espacios de configuración multi-dimensionales en los que transitan los contenidos mentales. Indización de mapas conceptuales a ciertos patrones del ambiente como parte de la actividad perceptiva.	El ambiente, i.e. los aspectos estables de la realidad detectable a nivel macro por el organismo.	Aprendizaje sensoriomotriz, perceptivo, asociativo, detección de patrones, etcétera
2º Nivel	Procesamiento de inputs correspondientes al mismo contenido por distintas redes que ejecutan transformaciones lineales.	Dominios de representación interconectados que comparten contenido mediante proyecciones.	El ambiente y el aprendizaje de primer nivel.	Analogías, metáforas, modelos mentales, patrones inferenciales, etcétera
3º Nivel	Cognición situada, social y distribuida, con herramientas y mecanismos regulatorios anidados que incluyen al lenguaje natural.	Transferencia de contenido de los dominios de representación a vehículos externos mediante reducciones dimensionales.	El ambiente y los aprendizajes de primer y segundo nivel incrustados en mecanismos de regulación anidados.	Lenguaje abstracto, comunicación interpersonal, uso de herramientas cognitivas, construcción de teorías.

Tabla 1: Resumen de los niveles de aprendizaje de Churchland (2012).

construir una serie de mecanismos regulatorios anidados. De este modo, Churchland incorpora la cognición situada e incrustada en la visión conexionista de la mente humana que desarrolló a lo largo de décadas.

El aprendizaje de tercer nivel presenta una manera desde la cual se puede elaborar una concepción de la naturaleza de las teorías científicas. De modo similar a MCC, para analizar a las teorías científicas hay que estudiar la función de andamiaje que juegan distintas descripciones de modelo, incluyendo fórmulas matemáticas, diagramas, etcétera, así como las interacciones entre distintos agentes que las explotan colectivamente. Pero a diferencia de otras versiones de MCC, la estructura cognitiva provee medios para acceder a la estructura de una teoría, o al menos una neurociencia cognitiva más desarrollada podría hacerlo. Por ejemplo, de acuerdo con Churchland, la pregunta sobre cómo se reduce una teoría $T1$ a otra $T2$, es una pregunta acerca de cómo los contenidos de $T1$ se proyectan para convertirse en los contenidos de $T2$. Algo análogo sucede con otros problemas típicos acerca de relaciones entre teorías (*e.g.* equivalencia), así como relaciones entre teoría y observación, etcétera

Resulta importante enfatizar que, aunque los mapas conceptuales provistos por la estructura cognitiva tienen el papel central, parecería que es relevante un estudio de las prácticas sociales y herramientas cognitivas. No obstante, Churchland no ofrece herramientas en esa dirección. El estudio de las redes neuronales biológicas que determinan las clases de estructuras similares que constituyen los mapas conceptuales interconectados de los que se componen las teorías científicas, resultaría indispensable para llevar a cabo este programa. Pienso que esto puede formularse de manera ilustrativa en el lenguaje del RE en metafísica: una estructura “abstracta” no es un objeto platónico instanciado por el mundo y/o por un agente cognitivo, sino que es una clase de estructuras concretas similares de un agente interactuando con una parte del mundo.

Esta visión sobre la estructura de las teorías y las relaciones interteóricas es prácticamente igual a la presentada en trabajos anteriores (*e.g.* Churchland 1992), pero no sigue el espíritu situado de su propia versión más. Dado que el objetivo es tomar en serio la cognición situada y el papel de los mecanismos reguladores que permiten navegar entre diversos mapas, parece ser una afirmación gratuita que la estructura teórica siga determinada exclusivamente por la estructura de las redes neuronales. Esto es particularmente notorio cuando se involucran artefactos cognitivos sofisticados, como el lenguaje natural y formalismos matemáticos.

En una crítica a trabajos anteriores de Churchland, (Bechtel 1996, p. 141) sostiene que las representaciones sentenciales “no son traducciones de lo que está en la cabeza de los científicos, sino dispositivos utilizados por los científicos.” Bechtel aprecia el conexionismo como herramienta para la filosofía de la ciencia, pero en los casos de un uso abstracto del lenguaje natural —y plausiblemente, de lenguajes formales— la visión lingüística tradicional sigue siendo correcta. Considero que si se lleva la propuesta situada de Churchland (2012) a sus últimas consecuencias, es posible integrar el conexionismo a todos los niveles de la actividad científica. Sin embargo, esto implica tomar en serio las diferencias del modelo situado que propone y expandir la semántica para incluirlos, en vez de repetir las soluciones de las versiones anteriores, no-situadas. Considero que la manera en que se conectan diversos dominios de representación y el modo como los mecanismos de regulación están estructurados también debería considerarse como parte de la estructura teórica.³¹ No obstante,

³¹ En la sección 6 hablo de algo parecido en el contexto de las *affordances*.

queda por ver si una vez hecho esto, los detalles de implementación conexionistas de REC-C todavía aportan algo esencial a una concepción de la ciencia tan cercana a la cognición situada.

4. Procesamiento predictivo y realismo estructural cognitivo

El REC basado en el procesamiento predictivo (REC-PP) es un tipo de REC fuerte defendido por Beni (2019), quien elabora una versión corporizada, ecológica y enactivista (REC-PPC). Según Beni, REC-PPC es una versión mejorada (“sofisticada”) de REC-C, con un cambio en la implementación de las estructuras cognitivas, y un desarrollo esquemático de las consecuencias (semánticas y metafísicas) de estas diferencias.

De acuerdo con REC-PPC, la estructura cognitiva implementa las teorías científicas como una jerarquía predictiva de modelos internos que —a partir del input de la acción y percepción de un organismo en una constante interacción con el ambiente— se ajustan en ambas direcciones (arriba-abajo, abajo-arriba). El sistema se comporta de manera que en el largo plazo minimiza el error esperado promedio, definido en términos de teoría de la información y estadística bayesiana. Para ello, busca poner a prueba sus modelos a manera de hipótesis, así como ajustar su conducta para que se cumplan. Un organismo que sigue estos principios obtiene como resultado una estructura cognitiva que captura la estructura causal del mundo a distintos niveles, correspondientes a los distintos niveles de la jerarquía predictiva.

En este subapartado daré una revisión extremadamente breve de los elementos que constituyen a REC-PPC, comenzando por el procesamiento predictivo. El lector interesado en profundizar en el procesamiento predictivo puede encontrar una exposición conceptual introductoria en Reichl (2019), una enfocada en su interés filosófico en Wiese y Metzinger (2017), así como una introducción a algunos de los elementos formales en los primeros capítulos de Parr et al. (2022).³² Estos materiales, así como la exposición que daré a continuación, presuponen una familiaridad mínima con la inferencia bayesiana.³³ El procesamiento predictivo en sentido estricto

³²También hay dos tratamientos filosóficos introductorios en formato de libro: Hohwy (2013) y Clark (2015).

³³El lector puede encontrar una introducción elemental a la inferencia bayesiana en Hacking (2001, cap. 7) y en el video didáctico elaborado por Grant Anderson: 3Blue1Brown, *Bayes theorem, the geometry of changing beliefs*,

https://www.youtube.com/watch?v=HZGCoVF3YvM&ab_channel=3Blue1Brown3Blue1Brown

es una arquitectura jerárquica de la codificación predictiva. En un sentido más usual, como lo utilizaré aquí, el procesamiento predictivo es una visión global de la cognición basada en dicha arquitectura. La codificación predictiva es un conjunto de técnicas para construir modelos de predicción que ajustan sus parámetros continuamente, combinando los principios de la inferencia bayesiana y la minimización de error. La minimización de error se introduce como un método de aproximación numérica porque la optimización bayesiana analítica suele ser computacionalmente intratable (Wiese y Metzinger 2017).

Un sistema de codificación predictiva cuenta con modelos que buscan dar una respuesta a partir de un determinado input. Algunos de estos son conocidos como modelos hacia adelante [forward models]; *e.g.* un agente puede inferir qué tan fuerte está lloviendo a partir de la frecuencia con la que siente que caen gotas. También cuenta con modelos hacia atrás, en el ejemplo anterior, estos indicarían la frecuencia de gotas esperada para determinados niveles de lluvia. Un elemento distintivo de la codificación predictiva es que no sólo se modifican los modelos hacia adelante, sino que de manera gradual también se modifican los modelos hacia atrás. A estos dos tipos de modelo se le suele llamar *modelos internos*. Se trata de modelos en un sentido muy austero, en tanto que no son representaciones descriptivas de una parte del mundo, sino sólo de cuáles son ciertos parámetros esperados.

Por procesamiento predictivo, se suele entender una versión jerárquica de la codificación predictiva. En una arquitectura de este tipo, diversos modelos se encuentran conectados por niveles. Cada nivel recibe como input el output de los niveles contiguos. Así, indirectamente todos los niveles de la jerarquía se influyen mutuamente. El sistema completo utiliza los principios de la codificación predictiva, aprovechando las relaciones predictivas mutuas de todas las variables, para modificar sus parámetros de forma que se minimice el error.

De manera más específica, se suele llamar procesamiento predictivo a un estudio de la cognición (en adelante, PP) basado en este tipo de arquitecturas y añadiendo algunas tesis.³⁴ Las aplicaciones más maduras del procesamiento predictivo en las ciencias cognitivas pertenecen al estudio

³⁴Es importante hacer esta distinción. Los modelos de procesamiento predictivo —en sentido general— se usan extensamente en la neurociencia cognitiva, sin necesidad de aceptar todas las tesis de PP (Proust 2015a).

de la percepción —biológica y artificial— que se ha llevado a cabo en las últimas dos décadas. Contra una larga tradición, los modelos PP de la percepción sostienen que un organismo experimenta la predicción, y no una interpretación del estímulo sensorial. Los estímulos sensoriales se utilizan solamente para corregir los modelos internos. Esto se suele expresar de manera concisa con el eslogan de que la percepción es alucinación controlada.

Lo que distingue a las versiones más ambiciosas de PP como un paradigma de investigación en sí mismo —más allá del uso de una herramienta matemática— es la intención de usar los modelos de procesamiento predictivo para unificar el estudio de la cognición,³⁵ utilizando la inferencia activa para explicar los aspectos centrales de la conducta, la cognición y la adaptación a partir de unos pocos principios coherentes (Parr et al. 2022, p. 5).

En PP, el objetivo central es explicar cómo los agentes minimizan el error predictivo en sus ciclos de percepción y acción. Las expectativas influyen en cómo se interpretan los estímulos sensoriales, los cuales a su vez modifican gradualmente las expectativas. De este modo las expectativas funcionan como hipótesis capaces de adaptarse.

La jerarquía predictiva anteriormente descrita corresponde a estimadores jerárquicos que rastrean sucesos a distintas escalas espaciales y temporales. Los niveles más bajos de la jerarquía corresponden a lo más cercano, inmediato y concreto. Por ejemplo, un agente que busca mover un objeto pesado empujándolo, tiene una expectativa de la resistencia que opondrá el objeto por su peso y la fricción del suelo (corto plazo), pero también de su propia capacidad para empujar cosas pesadas (largo plazo). Si el objeto opone menos resistencia de la esperada en repetidas ocasiones, el agente puede modificar sus expectativas a diversos niveles: las condiciones de fricción actuales, el peso del objeto, el peso habitual de los objetos del mismo tipo, su propia fuerza, la cantidad de fuerza habitualmente requerida para mover un objeto de este peso. ¿Cuáles de estas expectativas modificará un organismo después de que se rompen sus expectativas y en qué grado?

Para responder a lo anterior, una jerarquía predictiva se modifica buscando minimizar el error entre niveles, ajustándose a las normas de la inferencia bayesiana (Wiese y Metzinger, 2017, p. 1). En PP se distingue entre

³⁵También se utilizado ampliamente en robótica cognitiva (*cf.* Ciria et al., 2021).

el proceso generativo, la parte del mundo que produce los inputs sensoriales, y por otra parte el modelo generativo, que se instancia de manera jerárquica en el organismo. A la larga, la minimización de error predictivo en el modelo jerárquico se acerca a una inferencia bayesiana exacta. Así, los organismos pueden aproximarse a resultados de optimización bayesiana que serían computacionalmente intratables por medios analíticos (Parr et al., 2022, p. 27). Los organismos no sólo buscan minimizar el error predictivo ajustando sus modelos internos, sino por medio de la acción, en tanto que el organismo puede actuar para cambiar su input sensorial, haciendo que encaje con sus predicciones. Esto se denomina control predictivo. Por ejemplo, un primate logra balancear un objeto en su mano minimizando el error predictivo; pero esto no lo hace cambiando sus expectativas sobre la presión que ejercerá el objeto, sino moviendo su mano de modo que la presión se mantenga constante. El control predictivo con frecuencia produce conductas adaptativas, lo cual provee una manera para insertar al estudio de la cognición en un contexto evolutivo desde PP.

Algunos de los elementos más importantes de PP como una visión global de la cognición son los siguientes:³⁶

- a) Procesamiento arriba-abajo (i.e. influencia de los niveles superiores sobre los inferiores).
- b) Estimación estadística y predicción.
- c) Procesamiento jerárquico.
- d) Minimización de error.
- e) Inferencia bayesiana.
- f) Control predictivo.
- g) Ensayo de hipótesis.

Finalmente, las formulaciones canónicas de PP suelen aceptar el *principio de energía libre* de Friston (2010). La energía libre es una medida de cuál es la sorpresa bayesiana promedio en el largo plazo, expresada en términos de teoría de la información. Una manera usual de interpretarla es como la discrepancia entre el mundo y el modo como el organismo espera que sea. El principio propuesto indica que los organismos se comportarán de modo que se minimice la energía libre. Los detalles pueden encontrarse en (Parr et al. 2022, cap. 4). Para Beni (2019) este principio es sumamente

³⁶Escojo los elementos más importantes de la lista de Wiese y Metzinger (2017, p. 1).

importante, ya que ofrece una manera precisa de cuantificar la similitud entre la realidad y una representación, evitando así los problemas de vaguedad e indeterminación en la representación científica.

Debido a lo anterior, para que el realismo estructural cognitivo en la versión predictivista corporizada (REC-PPC) sea viable como una defensa de REC fuerte, la minimización de energía libre —o al menos sus beneficios epistémicos— debe poder extenderse a todos los aspectos de la cognición involucrados en la actividad científica y no sólo a los ámbitos más cercanos a la acción y la percepción. Una manera en que esto se podría conseguir, es si todas las capacidades cognitivas en última instancia se expliquen por medio de modelos predictivos (con el nivel de interacción adecuado). Esto es una afirmación de carácter empírico sumamente especulativa.

Beni (2019) no basa su propuesta en la esperanza de que esto suceda, sino que sostiene que PP tiene sustento empírico para las capacidades más cercanas a la acción y la percepción. En segundo lugar, señala que las capacidades de niveles superiores —independientemente de que se puedan modelar directamente con herramientas de PP— se derivan de éstas. El apoyo a esta tesis lo encuentra a partir de trabajos de PP en el marco de la cognición anclada (Pezzulo et al., 2012). La cognición anclada es un programa de investigación iniciado por Barsalou (*cfr.* 2010) que busca mostrar cómo las capacidades de representación amodal (i.e. no ligadas a una modalidad sensorial) no son un tipo distinto de representación, sino que surge de la unificación de distintas representaciones modales por medio de lo sensomotriz. En términos coloquiales, no es que alguien tenga una idea abstracta de *manzana* a partir de una representación independiente a su apariencia, sabor, textura, etcétera; sino que para pensar “abstractamente” sobre una manzana basta con integrar apropiadamente distintas representaciones modales a la acción.

Este es el primer elemento corporizado que se añade a la arquitectura cognitiva de PP para articular REC-PPC. Los otros elementos son una interpretación del contenido de la estructura cognitiva en la tradición de psicología ecológica, donde la estructura cognitiva contiene información sobre oportunidades de acción e intervención, i.e. *affordances*.³⁷ Esta in-

³⁷ Esta es una definición muy general que utiliza Beni (2019, p. 165) de *affordance* gibsoniana. Las interpretaciones de la noción de *affordance* son diversas y difieren en los detalles específicos, ver por ejemplo la revisión de Lobo et al. (2018). También hay múltiples nociones de *affordance* que no buscan capturar la idea original de Gibson. Por ejemplo, Proust (2015b) ofrece una semántica (mo-

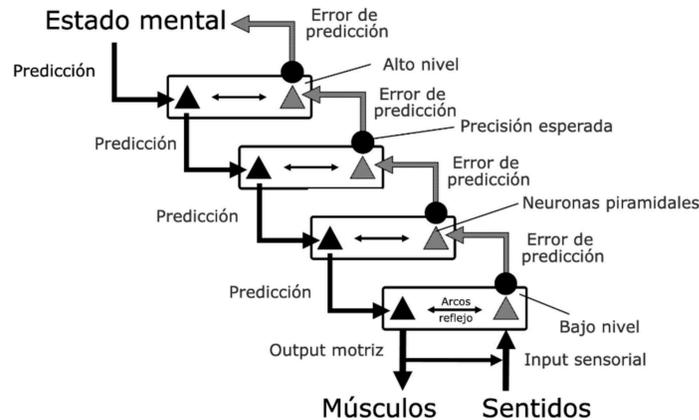


Figura 5: Ilustración de un modelo predictivo jerárquico de la cognición humana de carácter esquemático. Imagen traducida de Reichl (2019).

formación no es de tipo representacional, es decir, la estructura del mundo no está codificada simbólicamente en la estructura cognitiva; como sucede en versiones representacionistas (*e.g.* Hohwy 2013) de la epistemología de PP (Beni 2019, p. 155), p. 155). Tampoco es una medida abstracta como en la teoría de la comunicación de Shannon (Beni 2019 p. 181). Se trata de información *concreta* de manera similar a Ladyman et al. (2007 cap. 4), aunque difiere de manera importante. El lector interesado puede consultar la presentación de Beni (2019, sección. 8.3) sobre su propia noción de información, en la que combina elementos de la entropía de Gibbs, la complejidad de Kolmogorov y el principio de energía libre. Advierto que, aunque breve, su exposición es abigarrada y llena de formalismos sin explicar.

Dejando de lado la naturaleza de la información, ¿cómo se logra un conocimiento estructural de la realidad? La conjetura de Beni (2019), es la siguiente: debido a que la estructura cognitiva es un tipo de codificación dispersa (*sparse coding*) que incorpora esta información por medio de la codificación delta (*difference based coding*). En el contexto de la neurociencia cognitiva la codificación dispersa indica que la cantidad de neuronas que codifican un conjunto de eventos es menor que éstos. Beni

deradamente) representacionista de affordances que se apoya en modelos de codificación predictiva (fuera de la tradición de PP).

se apoya en el trabajo de Northoff (2013), quien hipotetiza que la codificación dispersa se logra gracias a una codificación delta. La codificación delta es un tipo de representación en que la meta se representa únicamente con datos sobre diferencias. Northoff propone que, en la percepción, las neuronas no codifican eventos, sino distribuciones de probabilidad tomando los estímulos como muestras.

Según Beni, con ayuda de otros supuestos —como la posibilidad de extender estos insumos mediante inferencias a la mejor explicación— esto garantiza que la estructura cognitiva sea fiel a los patrones causales de la realidad estructurados como información, siempre que por medio de la acción haya un “entrelazamiento” [entwinement] entre la estructura cognitiva y el mundo.³⁸ Es importante proveer alguna garantía de este tipo, dado que no hay una necesidad matemática de que cada modelo predictivo tienda a ajustarse al modelo generativo correspondiente (Parr et al. 2022, p. 23). A pesar de este entrelazamiento central para garantizar el realismo defendido por Beni, no existe un desarrollo extenso de este punto o una definición formal del entrelazamiento más allá de que es más fuerte que el acoplamiento dinámico (2019, p. 167) y de mencionar que algunos trabajos (*e.g.* Pezzulo et al. 2012) han indicado puntos de contacto entre PP y la tradición enactivista (que estudia la cognición en las relaciones organismo-ambiente sin mediación representacional).

Beni no da indicaciones precisas sobre qué papel juega esto en su argumentación, ni de cómo entiende al enactivismo, más allá de referir a trabajos como el citado. La posibilidad de interpretar a PP en un marco enactivista ha sido objeto de fuertes controversias en la última década (*cf.* Constant et al. 2021), y las relaciones conceptuales y metodológicas entre ambos marcos de trabajo apenas comienzan a explorarse en la literatura filosófica (Kirchhoff y Robertson 2018, Clavel-Vázquez 2020, Gallagher y Allen 2018). A falta de mayor contexto, no se ve claramente cómo se incorpora el enactivismo en la explicación de Beni y en su posición realista, más allá de sugerir un énfasis en la interacción organismo-ambiente. Algo análogo podría decirse sobre las referencias de Beni a algunos trabajos que aplican PP en el marco de la psicología ecológica (*e.g.* Bruineberg et al. 2018). En ninguno de los dos casos queda claro cuál es el conocimiento estructural que PP provee.

³⁸Tampoco hay una explicación de qué sucede cuando la observación se lleva a cabo por medio de instrumentos.

Por otra parte, a diferencia de Churchland (2012), en la exposición de Beni (2019) no hay un planteamiento siquiera esquemático de cómo su propuesta podría aplicarse metodológicamente a la filosofía de la ciencia (por ejemplo, en reconstrucción de teorías, o episodios de cambio científico). Tampoco hay una incorporación explícita de cómo intervienen las representaciones lingüísticas en la actividad científica, y como hace notar el único comentario a Beni (2019) en la literatura (Jones 2020), no hay un camino claro para incorporar los elementos sociales de la actividad científica. Si bien Beni considera que REC-PPC es una versión de REC-C, la arquitectura que propone es suficientemente distinta como para tener al menos un mapa para incorporar las conjeturas presentes en la visión de Churchland (2012). En trabajos posteriores (*e.g.* Beni 2020, 2021, 2022, Beni y Northoff 2021), Beni añade detalles para refinar su postura y busca modos de aplicarla al estudio de la cognición humana, pero sin cambiar el núcleo de la propuesta y sin abordar de manera directa estas preguntas concernientes a la filosofía de la ciencia que propone.

El problema anterior radica en que un argumento optimista global acerca de cómo la estructura de la realidad tiene una correspondencia con la estructura cognitiva, no ayuda a saber cuál es el contenido de las teorías científicas, cómo se individúan, qué relaciones interteóricas existen entre ellas. Lo esperable sería al menos contar con indicaciones generales sobre estos puntos y sobre las conexiones de distintas partes de las teorías con distintas partes del mundo. De otra forma, el REC-PPC es sólo un argumento epistemológico a favor del realismo que no ofrece elementos para conformar una concepción sobre la naturaleza de la actividad y las teorías científicas.

Beni (2019, p. 185) es transparente con esto —aunque no frontal, dado que se encuentra en la penúltima página de su libro— cuando señala que los formalismos (*e.g.* teoría de la información) que utiliza para apoyar sus argumentos no son los mismos que resolverán estos problemas, y que para ello haría falta completar a REC-PPC con un análisis pragmático de las prácticas científicas similar a los que lleva a cabo Stegmüller (1979). No obstante, a diferencia de Stegmüller, Beni no muestra cómo las estructuras que propone sirven como ayuda para llevar a cabo un análisis de este tipo.

Resulta decepcionante que REC-PPC no ofrezca una propuesta viable para estudiar la estructura de las teorías y sus relaciones, a pesar de las menciones continuas sobre cómo las estructuras cognitivas que propone

tienen la capacidad de “regimentar” a las teorías científicas (Beni 2019, pp. 124, 132, 146, 159, 174). En ausencia de esto, la situación de REC-PPC con respecto a la representación científica no es mucho mejor que la de las explicaciones de VST, al menos como concepción de la ciencia (independientemente de los méritos que tenga como argumento epistemológico).

5. Compromisos teóricos y taxonomía del realismo estructural cognitivo

Las versiones de REC expuestas en los apartados anteriores comparten las siguientes características, que a mi modo de ver constituyen el núcleo de la postura:

R1. Estructura semántica de las teorías: Las teorías científicas están configuradas de un modo que corresponde a determinadas estructuras abstractas.

R2. Realismo estructural: Las mejores teorías científicas proveen conocimiento de estructuras concretas en el mundo.

R3. Estructuralismo sobre representación: Las teorías científicas representan, al menos en parte, en virtud de sus características estructurales.

R4. Operatividad: El agente debe ser capaz de explotar la información en R3 en interacciones exitosas con el entorno.³⁹

R5. Cognitivism (estructural) sobre representación: Las teorías científicas representan, al menos en parte, en virtud de que la continuidad de su estructura con la estructura cognitiva de los agentes, con el posible caso límite de que ambas sean una sola.

Al REC que cumpla únicamente con R1-R5 lo llamaré *débil*. La tesis R5 tiene un carácter importante para constituir una postura que realmente valga la pena llamar REC. Por ejemplo, considero que las distintas versiones de la epistemología evolutiva (*cf.* Bradie y Harms, 2020) no deben considerarse como REC a pesar de que se postula una continuidad entre la cognición y el desarrollo de la ciencia, dado que no hay una continuidad en la estructura de ambas. Asimismo, una versión de MCC puede considerarse que las teorías están organizadas como estructuras y que al menos

³⁹Esta característica se encuentra en todas las versiones de REC expuestas en este trabajo. Si fuera omitida, haría falta apelar nuevamente a nociones de similitud primitiva (o algo análogo) para conectar los modelos con la realidad, justo lo que REC busca evitar.

una parte de ellas está conformada por la estructura cognitiva, pero sin que esto tenga un papel importante en la representación. Una postura mínimamente viable podría adoptar R1-R4 y agregar alguna tesis de continuidad más débil que R5.⁴⁰ Por no dejar de nombrar este tipo de postura, sugiero llamarla REC *hiper débil* y dejarla de lado en la discusión que sigue.

En cambio, la postura de Giere (1994) mencionada en el apartado anterior sí satisface R5. En dicha propuesta, si bien la estructura completa de la teoría no se encuentra instanciada en el agente, al menos parte de la estructura cognitiva —plausiblemente— forma parte de la estructura teórica. Incluso si esto no fuera el caso, es innegable que considera importante la continuidad que propone para fundamentar de manera objetiva la teoría en las capacidades representacionales de los agentes. Por ello, esta propuesta de Giere (1994) puede ser considerada como un proto-REC débil.

Es importante enfatizar que hay un espacio para este tipo de REC débil, dado que no ha sido suficientemente explorado en la literatura. Esto podría ser por una desventaja crucial: dado que no se compromete con que toda la teoría esté instanciada en la estructura cognitiva del agente —i.e. hay más estructura teórica— se enfrenta con el siguiente dilema:

(1) Debe proveer un argumento general de por qué en todos los casos de representación científica exitosa hay estructuras cognitivas del agente que se conectan del modo apropiado con el resto de la estructura de la teoría. Sería todavía mejor si esto provee de una metodología para analizar la estructura de las teorías científicas, como en VST.

(2) O bien motivarlo de manera inductiva, estableciéndolo firmemente para una gran cantidad de casos, con capacidades cognitivas variadas (*e.g.* distintas modalidades perceptivas, competencias lingüísticas, razonamiento, memoria) y teorías científicas de distinto tipo (*e.g.* mecánica estadística, modelo de población Lotka-Volterra, el modelo Solow-Swan de crecimiento económico) en diversas presentaciones y usando diferentes dispositivos (*e.g.* series de Dyson vs. diagramas de Feynman en teoría cuántica de campos).

La exposición de Giere (1994) sin duda resulta sugerente, pero no ofrece elementos para responder al dilema más allá de proveer un par de ejemplos

⁴⁰Una instancia parecida (excluyendo R2) podría encontrarse en Giere (2002).

y desarrollarlos de modo esquemático. En la siguiente sección volveré a considerar al REC débil.

El REC *fuerte*, que describe a REC-C y REC-PCC, añade una tesis:

R6. Realismo sobre estructuras representacionales: Las teorías científicas son estructuras concretas, físicamente instanciadas como estructuras cognitivas en los agentes y/o medio ambiente de algunas instancias de cognición.

Asimismo, a cada una de las versiones estudiadas en el apartado anterior le corresponden dos tesis más específicas. Para REC-C:

REC-C1. Adecuación empírica del conexionismo: Al menos la parte de la cognición humana relevante para la representación científica en R4, corresponde a las descripciones hechas por el conexionismo de Churchland (con una semántica dominios de representación y elementos de cognición situada).⁴¹

REC-C2. Pertinencia del conexionismo para REC: El conexionismo en la interpretación de semántica de espacio de estados satisface los requerimientos de R1-R6, donde las estructuras representacionales en R5 se encuentran en el agente cognitivo y son reguladas por mecanismos externos.

De manera correspondiente, REC-PPC se caracteriza agregando a REC fuerte las siguientes tesis:

REC-PPC1. Adecuación empírica del predictivismo corporizado: Al menos la parte de la cognición humana relevante para la representación científica en R4, corresponde a las descripciones hechas por las versiones corporizadas del procesamiento predictivo en ciencias cognitivas, aprovechando los principios de la codificación dispersa.⁴²

⁴¹En este escrito no trato este asunto. Una exposición de los problemas más importantes de las redes neuronales artificiales como modelo de las biológicas puede encontrarse en Kay (2018).

⁴²Al igual que en el caso del conexionismo, no trataré el problema de la adecuación empírica de los modelos de procesamiento predictivo. Puede encontrarse una discusión en Colombo et al. (2020).

REC-PPC2. Pertinencia del predictivismo corporizado: Los modelos de procesamiento predictivo en sus versiones corporizadas, satisfacen los requerimientos de R1-R6, donde las estructuras representacionales en R5 se encuentran distribuidas entre diversos agentes cognitivos y el medio ambiente.

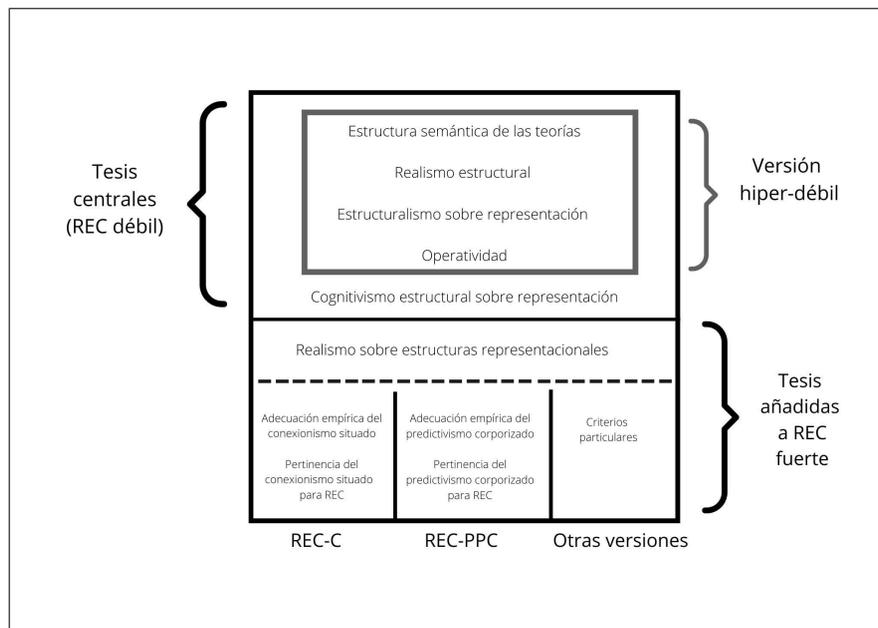


Figura 6: Mapa de las distintas versiones del realismo estructural cognitivo a partir de las tesis que sostienen.

Al analizar a REC separando claramente sus tesis, es posible encontrar posturas emparentadas y antecedentes relevantes. A modo de ilustración, termino esta sección con una digresión breve sobre el realismo directo de J. J. Gibson acerca de la percepción. Para la psicología ecológica, la visión tiene como objeto las invarianzas en el arreglo de luz reflejado por la superficie de los objetos que permanecen mientras se mueve el organismo (Goldstein 1981).⁴³ Esto ofrece una información estructurada que le per-

⁴³En sus primeros desarrollos, Gibson (1950b) sólo consideraba la información en el flujo retiniano.

mite *percibir* oportunidades de acción, i.e. *affordances* (o *afordancias*),⁴⁴ de modo que hay un punto de contacto entre la psicología ecológica y R4. Esta estructura se conserva cuando la luz llega al ojo, pero no en la imagen retiniana, sino en las invarianzas en el flujo óptico.

El organismo no tiene que formar una representación del mundo a partir del flujo óptico, ya que en él se encuentra toda la información sobre las invarianzas en el arreglo de luz, sino simplemente explotarlo por medio de sus efectividades (i.e. capacidades de aprovechar *affordances* correspondientes). Lo anterior motiva a la tradición gibsoniana a sostener una percepción sin representaciones intermedias. ¿Sería posible que dicha percepción directa sea la fuente de un conocimiento estructural? (Dado que las invarianzas percibidas dependen de la estructura en el arreglo de luz reflejada por las superficies de los objetos con relación al movimiento del organismo).

La pregunta es relevante para la viabilidad de caracterizar al realismo ecológico como una forma de realismo estructural (R2). Esto requeriría explicar sobre qué es dicho conocimiento estructural, dado que el conocimiento sobre la estructura del arreglo de la luz reflejada no requiere que exista un conocimiento respectivo sobre la estructura (siquiera superficial) de cada uno de los objetos reflectantes.⁴⁵ Por otra parte, si la estructura de la luz reflejada es el objeto último de conocimiento perceptivo y ésta sólo provee conocimiento indirecto sobre los objetos, sería engañoso hablar de un realismo directo. Por ello, sería pertinente indagar si el arreglo de luz provee conocimiento estructural de algo más, como el ambiente o las relaciones organismo-ambiente.⁴⁶

Otra pregunta importante que no abordaré aquí es si hay una versión análoga al estructuralismo sobre representación (R3), dado que las *affordances* están estructuradas de manera anidada como “combinaciones invariantes de invarianzas” (Gibson 1950b, p. 140, Goldstein 1981). También

⁴⁴ Al parecer Gibson tenía una postura ambigua sobre tomar las *affordances* como propiedades de los objetos o propiedades relacionales del objeto-organismo, pero en ambos casos puede hablarse de un realismo directo. Para una discusión breve sobre la ontología y metafísica de las *affordances* ver Lobo et al. (2018).

⁴⁵ Este conocimiento sobre la estructura de la luz reflejada no implica automáticamente que exista un conocimiento respectivo sobre la estructura (superficial) de cada uno de los objetos reflectantes. Agradezco a Melina Gastélum por hacerme notar esto. Es un problema adicional para defender un realismo directo desde Gibson y habría que considerar cuidadosamente la respuesta.

⁴⁶ Heras-Escribano (2019, cap. 3) ofrece un comentario interesante sobre el realismo ecológico cuando discute la ontología las *affordances*, aunque no trata el problema del realismo estructural.

es interesante notar que el organismo explota esto para adaptar su conducta, así que la estructura es esencial para que la visión ecológica permita al organismo tener un conocimiento fidedigno del mundo (análogo, quizá, a R5).

Una cuestión relacionada es la de explicar cómo un organismo explota la información en el flujo óptico sin necesidad de apelar a representaciones intermedias. Una conjetura tardía de Gibson (1950a) es que tal información estructural continúa hasta el sistema nervioso central, como algún tipo de “resonancia” capaz de modular la conducta.⁴⁷ Es decir, hay un realismo sobre estructuras representacionales⁴⁸ (R6) que llegan a otras partes de la cognición, como en REC fuerte. Esta sugerencia de carácter especulativo no ha figurado en la psicología ecológica contemporánea a falta de una idea clara de cómo podría implementarse; si bien una propuesta reciente sugiere que esto podría articularse en la neurociencia cognitiva de corte dinamicista (Raja 2018). Otro trabajo que no tiene el propósito de reconstruir la resonancia de la que habla Gibson pero que puede resultar útil para ello, es la explicación desarrollada por Proust (2015b) sobre la relación entre affordances, sentimientos noéticos (especialmente de destreza o habilidad) y el papel que tienen estos últimos para controlar la conducta globalmente.

6. Desarrollos futuros

Uno de los aspectos más interesantes de REC como concepción de las teorías científicas, es que no puede caracterizarse fácilmente como una explicación diádica ni triádica de la representación. No es una explicación diádica dado que las relaciones entre estructuras, tales como morfismos, no bastan para establecer una relación de representación. Tampoco es triádica, al menos como se ha utilizado el término en la literatura, dado que en la explicación no aparece un agente —descrito a nivel personal— como usuario.

La representación en REC depende de estructuras cognitivas que forman parte de un agente operando (o actuando) en el mundo. Las estructuras conforman (en parte) al agente, pero el agente no está *usando* a las

⁴⁷ Gibson no explicita cuál es la noción de *información* que usa, pero descarta que se trate de información física. Agradezco a Sergio Martínez por hacerme notar esto.

⁴⁸El antecedente del realismo de estructuras cognitivas de las resonancias de Gibson no se menciona explícitamente en Beni (2019), a pesar de que la psicología ecológica ocupa un lugar importante en su exposición (cap. 8).

estructuras como cuando usa una fórmula matemática de manera reflexiva. Tampoco son el objeto de la cognición, de un modo semejante a como la actividad eléctrica de la retina no es el objeto de la visión. El hecho de que REC no encaje completamente en la concepción semántica ni en la pragmática es un motivo adicional para considerarlo de manera cuidadosa como una alternativa separada, que provee una concepción de la representación *interaccionista*. La siguiente tabla (Cuadro 2) muestra comparativamente algunos de los elementos más importantes de las dos versiones de REC desarrolladas aquí.

	Representación	Epistemología	Incorporación de aspectos sociales	Organización o estructura teórica
REC-C	Mapas conceptuales en espacios de configuración	Realismo	Mecanismos regulatorios anidados (lenguaje, instituciones, etcétera)	Mapas conceptuales en dominios de representación interconectados y regulados por mecanismos externos
REC-PPC	Entrelazamiento de los modelos internos en el cerebro con patrones causales del mundo	Realismo estructural óptico informacional	Acoplamiento entre sistemas cognitivos y ambiente por medio de interacciones sensomotrices	Estructuras teórico-informacionales corporizadas
Visión Sintáctica	Por medio de postulados empíricos y de significado	Realismo de entidades (Bunge) RE epistémico (Russell) ⁴⁹ Instrumentalismo (empirismo lógico)	Presupuesta en la convención de cuáles son las leyes experimentales y las reglas de evaluación lógica	Conjuntos de enunciados (postulados teóricos y reglas de interpretación)
Visión Pragmática	Intencional Situada	Realismo de entidades (Hacking 1983) Realismo constructivo (Giere 1988) Empirismo modal (Ruyant 2021a) Perspectivismo (Giere 2010a)	Lingüística (pragmática social) Cognición situada / distribuida	Modelo-teórica (Giere 1994) Espacios de estado (Giere 1988) Sistemas de prácticas epistémicas (Suárez 2004, Kuutti 2010)
VST Tradicional	Relaciones de isomorfismo en la jerarquía de modelos abstractos	Concretos reales imaginados (García de la Sienra 2019) Empirismo constructivo (van Fraassen 1980)	Análisis pragmático (Stegmüller 1979) Presupuestos en la elección de Gedankenkonkretum (García de la Sienra 2019)	Modelo-teórica Espacios de estado
VST pragmatista	Isomorfismos parciales que conectan a la jerarquía de modelos parciales con los modelos pretendidos de los agentes	Realismo estructural óptico (Ladyman et al. 2007) Semi-realismo (French 2014) Empirismo estructural (Bueno 1999)	Análisis pragmático	Modelo-teórica, con estructuras parciales y funciones de interpretación usando isomorfismos parciales

Cuadro comparativo de REC-C y REC-PPC junto con algunas concepciones importantes sobre las teorías científicas.

⁴⁹ cfr. Frigg y Votsis (2011) y Macías Bustos (inédito).

Sin embargo, REC deja preguntas importantes sin responder. En primer lugar, ¿en qué medida la operatividad del organismo puede garantizar un realismo y no meramente un instrumentalismo? Este es un problema que se debe plantear separadamente a REC-C y REC-PPC y que hasta ahora sólo han respondido de manera fragmentaria y parcial. Expresado en términos más dramáticos, REC resuelve el problema de la representación, con el costo de no saber exactamente acerca de qué es el conocimiento estructural (¿información?, ¿posibilidades de acción?, ¿el mundo *simpliciter*?) que proveen las teorías científicas exitosas. Una opción consiste en explorar otras concepciones de las teorías que, sin ser realistas, permitan articular una visión objetiva de la ciencia.

Existen perspectivas teóricas en epistemología que podrían servir para plantear un estructuralismo cognitivo de tipo objetivo sin llegar a ser estrictamente realista. Una alternativa cercana al realismo estructural es el empirismo modal que propone Ruyant (2021a), una forma de pragmatismo donde el contenido de las teorías científicas está conformado por las posibilidades que existen en el mundo y cómo dichas posibilidades constriñen nuestras observaciones; lo cual constituye un conocimiento modal objetivo. Otras alternativas cercanas al realismo estructural son el perspectivismo (Giere 2010a, Massimi 2012), el empirismo estructural (Bueno 1999) y el empirismo constructivo (van Fraassen 1980). Como antecedente de un pragmatismo realista,⁵⁰ C. S. Peirce consideró seriamente la importancia de las estructuras cognitivas. En concreto hipotetizó sobre la posibilidad de que las neuronas constituyeran un sistema dinámico de coordinación por medio de oscilaciones, describiéndolo de forma sorprendentemente parecida a lo que después se conocería como aprendizaje hebbiano, *cfr.* Kaag 2014). Otro ejemplo histórico puede encontrarse en Hermann von Helmholtz (1867), quien desarrolló una filosofía de la ciencia naturalista y una epistemología cercana al idealismo objetivo de Fichte⁵¹ y —si la reconstrucción de Swanson (2016) es correcta— se basó en principios kantianos al elaborar su teoría de la inferencia inconsciente, misma que sentó las bases del procesamiento predictivo.

⁵⁰ Peirce comenzó su obra filosófica desde un idealismo objetivo y migró continuamente hacia posturas naturalistas y realistas, hasta llegar a formular una versión del realismo escotista. El grado en que escritos de Peirce correspondientes a distintos periodos representan una postura realista es un asunto controvertido (*cfr.* Haack, 2004).

⁵¹ Contra esta opinión, Hatfield (2018, pp. 33-36) sostiene que es más correcto interpretar a von Helmholtz como realista estructural.

Una segunda línea de problemas procede de los aspectos relacionados con la normatividad social que sigue una comunidad de investigación, así como otros aspectos de la ciencia que tienen que ver con el uso compartido de modelos cognitivos.⁵² El único comentario a REC-PPC disponible en la literatura, una breve reseña a Beni (2019), se centra en este punto (*cf.* Jones 2020).⁵³ Esto es una de las motivaciones de Churchland para incorporar de un modo importante mecanismos de cognición situada.

No obstante, los acercamientos de Churchland a la cognición situada son insuficientes. Los artefactos cognitivos son más que mecanismos externos de regulación, esto se puede ver porque sus relaciones epistémicas y representacionales no se pueden explicar por completo a partir de las relaciones computacionales y estructurales de redes neuronales. Cualquier similitud o relación teórica interesante quiere de subsunción (i.e. de un mapa con otro), homomorfismo o alguna medida como GPT, lo cual es implausible. Este problema lo comparte cualquier REC fuerte,⁵⁴ pero lo formularé en términos de REC-C por facilidad de exposición.

Un físico o una física que utiliza de manera intercambiable diagramas de Feynman y las series de Dyson correspondientes en teoría cuántica de campos, no necesariamente lo hace porque su mapa conceptual de los diagramas haya subsumido al mapa de las fórmulas, ya que puede haber aprendido ambas cosas de manera separada. Un defensor de REC-C podría responder que sí hay una subsunción, ya que la equivalencia se conoce por demostraciones matemáticas, y aunque un físico que utiliza diagramas de Feynman no necesita haber estudiado las demostraciones, alguien más lo debe haber hecho.

Desafortunadamente, la respuesta es problemática por dos razones. Por una parte, si el mapa conceptual que unifica a ambos formalismos es simplemente una herramienta matemática internalizada, ¿por qué es necesario dar una explicación en términos de estructuras mentales? Incluir al mapa conceptual en la explicación no agrega nada y además abre un problema. Una misma formulación matemática puede ser entendida de maneras diferentes, por ejemplo, en la demostración podría aparecer un término sin

⁵² Agradezco a Quentin Ruyant por hacerme notar esto.

⁵³ Beni (2021) responde a esta crítica indicando de qué modo las estructuras predictivas pueden estar distribuidas en varios cerebros. No obstante, hace falta decir algo más sobre cómo esto permitiría integrar los aspectos de normatividad y cognición social.

⁵⁴ Por lo mismo, no es una instancia del problema sobre el contenido en el conexionismo de Churchland que se ha discutido en la literatura (*cf.* Prinz 2006).

definir y dos sujetos podrían interpretarlo con definiciones formalmente equivalentes, pero cognitivamente diferentes. Es completamente injustificada la exigencia de Churchland de que las relaciones teóricas respondan siempre a relaciones de subsunción o satisfagan las medidas precisas de similitud que propone.

La segunda razón, es que el uso de una teoría matemática no presupone que el agente posea una estructura cognitiva de la teoría, i.e. un mapa o un conjunto de mapas con relaciones de subsunción. Esto sucede al menos por tres razones. Por una parte, las matemáticas proveen a sus usuarios de mecanismos inferenciales que les permiten hacer derivaciones sin necesidad de una comprensión “conceptual” de la teoría. En segundo lugar, no hay una garantía que los mapas conceptuales involucrados en usar una misma herramienta matemática tengan similitudes estructurales o se encuentren emparentados. Parte del aprendizaje matemático consiste en saber abordar los mismos formalismos desde distintas interpretaciones conceptuales. En tercer lugar, aún si fuera posible en principio una comprensión global, por limitaciones prácticas (*e.g.* atención, memoria de trabajo) no hay una garantía de que siempre haya un humano que pueda llegar a tenerla. Un modelo formal no tendría que ser “comprendido” de manera unificada ni siquiera por la persona que lo ha desarrollado, que podría entenderlo sólo partes a la vez.

El individualismo no es el único problema que enfrentan de manera respectiva Beni y Churchland para dar cuenta del uso compartido y distribuido de modelos. La exigencia de REC fuerte indicando que las teorías deben instanciarse en los agentes (R6), impide incorporar de manera adecuada los aspectos de la actividad científica más relacionados con las descripciones abstractas, los instrumentos, las herramientas abstractas y la comunicación y distribución del trabajo. Al mismo tiempo, esto hace que la operatividad (R4) se requiera para toda la actividad científica —incluyendo, por ejemplo, las tareas que sólo podría realizar una computadora⁵⁵— y no sólo para las partes más cercanas a las actividades de observación y recolección de información, lo cual también es problemático.

REC débil puede evitar estos problemas y al mismo tiempo aprovechar los beneficios semánticos y metodológicos de establecer una continuidad entre las estructuras teóricas y las estructuras cognitivas. La razón por un

⁵⁵ Giere (2002) aborda este problema, pero aplicado a una visión de la ciencia como cognición distribuida.

REC débil similar a Giere (1994) no ha prosperado, es por la ausencia de una explicación general para establecer la continuidad. No obstante, considero que su intuición de conectar la estructura cognitiva con la estructura de las teorías científicas por medio de la estructura de los vehículos de las descripciones de lenguaje —como el lenguaje natural o las descripciones idealizadas de un péndulo— resulta más prometedor que reducirlos a meros mecanismos regulatorios como hace Churchland. Por otra parte, la atención a la estructura puede proveer las herramientas meta-teóricas que han estado ausentes en buena parte de los proyectos de MCC y que conocer más sobre las teorías científicas, su estructura interna, sus compromisos ontológicos y sus relaciones mutuas.

Reconsiderar a REC débil nos lleva al dilema ya planteado: o bien hay que proveer una justificación general sobre la continuidad entre las estructuras cognitivas y las teorías científicas o bien hay que enfrentar la tarea monumental de argumentar caso por caso⁵⁶ Tomemos el primer cuerno. Esto requiere de una visión unificadora de la cognición humana, una propuesta sobre cuál es la estructura de las teorías científicas (*e.g.* espacios de estados) y una explicación de la continuidad entre ambas compatible con los mecanismos sociales anteriormente mencionados.

Propongo cuatro maneras en que se podría elaborar un REC débil, aprovechando que no hay un requerimiento de que *toda* la estructura teórica esté cognitivamente instanciada, pero al mismo tiempo mostrando cómo puede haber una continuidad entre ambas. Por cuestiones de espacio únicamente las menciono y explico brevemente:

- a) Integrar los mapas conceptuales de REC-C con las reconstrucciones de VST que utilizan espacios de estado por medio de ontologías formales.
- b) Explorar las conexiones entre los modelos predictivos de la cognición humana como los que utiliza REC-PPC y la reconstrucción de la estructura de las teorías científicas con modelos predictivos.
- c) Partir de una visión artefactuales de las teorías científicas e intentar reconstruir una estructura teórica global a partir de la organización anidada de las affordances en los distintos modelos o descripciones de modelo.
- d) Expandir el trabajo de Wille (2005) utilizando el Análisis Formal de Conceptos para establecer conexiones sistemáticas entre los conceptos psicológicos y científicos.

⁵⁶Para una propuesta en este espíritu, ver Vlerick (2019).

La primera sugerencia consiste en utilizar las reconstrucciones de teorías científicas como espacios de estado y posteriormente mostrar cómo puede haber interoperatividad entre éstos y los mapas conceptuales (también espacios vectoriales) que utilizan distintos agentes de manera distribuida por medio de las descripciones de modelo. La interoperatividad podría explicarse construyendo ontologías formales que sirvan como puente.⁵⁷ Por supuesto, no hay una garantía de que esto se pueda lograr.⁵⁸ Como segunda sugerencia, una versión débil de REC-PPC podría aprovechar trabajos recientes en reconstrucción de teorías científicas como jerarquías de redes bayesianas (Henderson et al. 2010, Grim et al. 2022) para establecer una continuidad entre el modelo generador (una parte del mundo), el modelo predictivo en la estructura cognitiva y el modelo predictivo constituido por la teoría. O de manera más general, buscar continuidades entre la cognición causal humana y las teorías científicas, ambas desde algún enfoque común como los modelos causales estructurales. Esto tiene pocos antecedentes en la literatura.⁵⁹

Una tercera vía para explorar REC en la versión débil es atendiendo de manera más profunda a la naturaleza estructurada de las affordances y efectividades en un marco ecológico aplicado a los modelos cognitivos científicos dentro de una visión artefactual de la ciencia. Algunas propuestas artefactuales dentro de MCC han enfatizado el papel de las affordances y su frecuente organización jerárquica. Desafortunadamente, esto se ha hecho desde una visión deflacionista sobre la estructura teórica, rechazando que las teorías científicas puedan individuarse o identificarse con algún tipo de estructura dado el carácter independiente de los modelos cognitivos

⁵⁷ El Análisis Formal de Conceptos mencionado más abajo es otro ejemplo del tipo de herramienta que puede utilizarse.

⁵⁸ En comunicación personal, García de la Sierra indica que esta es la ventaja principal de las reconstrucciones de VST sobre las reconstrucciones de teorías científicas elaborando ontologías formales, pero en el caso más optimista se podrían integrar las estructuras de las teorías, las descripciones de modelo y las estructuras cognitivas de los agentes que las utilizan sin caer en los problemas anteriormente señalados.

⁵⁹ Recientemente, Woodward (2021, p. 21) ha defendido que la elaboración de criterios normativos para constituir modelos causales y el estudio de los mecanismos cognitivos de la inferencia causal son cosas que se pueden apoyar mutuamente, dando como ejemplo cómo Janzing et al. (2012) resuelven problemas de modelamiento con herramientas de aprendizaje automático. Otro trabajo incipiente es el análisis de clases funciones —necesarias en ciencias especiales como la biología y la psicología— a partir de modelos causales estructurales en esta tradición intervencionista de Woodward (García et al. inédito), pero definitivamente es una ruta de trabajo interesante.

(*e.g.* Knuuttila y Voutilainen 2003). Knuuttila (2010, p. 170) es explícita acerca de cómo un análisis de la actividad científica en términos de artefactos de representación epistémica aleja de una visión de las teorías como estructuras. Un mismo modelo se integra en distintos usos epistémicos por medio de actividades cognitivas como el razonamiento analógico (Carrillo 2018) y la idealización (Carrillo y Knuuttila 2022), pero esto no implica que todo modelo posea una estructura semántica estable subyacente a todos estos usos o que de existir una estructura teórica ésta sea particularmente ilustrativa sobre las capacidades representacionales de los modelos que la conforman (Knuuttila 2010, p. 169). Martínez (2014, p. 249) también rechaza explícitamente la estructura teórica por razones similares: “Una vez que abandonamos la idea de que la ‘ciencia dura’ está fundamentada en leyes de alcance universal, abandonamos la idea de que las explicaciones científicas tengan que estar fundadas en grandes estructuras teóricas que las sistematicen.”

Aunque las versiones artefactuales de MCC enfatizan la continuidad entre la cognición y las descripciones de modelo, rechazan —a mi modo de ver, apresuradamente— la posibilidad de encontrar continuidades estructurales a lo largo de los distintos modelos que conforman una teoría. La atención a la estructura jerárquica de affordances como medio para constituir teorías integradas tiene antecedentes en otras disciplinas. Existen distintos trabajos (Turvey 1992, Chemero y Turvey 2007) sobre cómo elaborar una semántica formal de las affordances que permita revelar su estructura anidada con herramientas algebraicas como grafos (Fig. 7). En robótica cognitiva, estos trabajos han sido aprovechados para conectar el desempeño de agentes artificiales con ontologías formales; en el caso de Lenarčič y Winter (2013) usando semánticas de situación⁶⁰ en la tradición de Barwise y Perry (1980).⁶¹ De manera independiente, Pronobis et al. (2017) ofrecen un modelo anclado de representación espacial para agentes móviles que a partir de una estructura jerárquica de affordances, logra operar con distintos conceptos espaciales abstractos a pesar no estar implícitamente representados.

⁶⁰ Para una exposición introductoria ver Devlin (2006).

⁶¹ El empirismo modal de Ruyant (2021a) utiliza una semántica parecida que toma inspiración de Barwise y Perry (1980), de modo que podría ser un punto de contacto interesante para explorar la posibilidad de elaborar un empirismo modal en el marco del estructuralismo cognitivo.

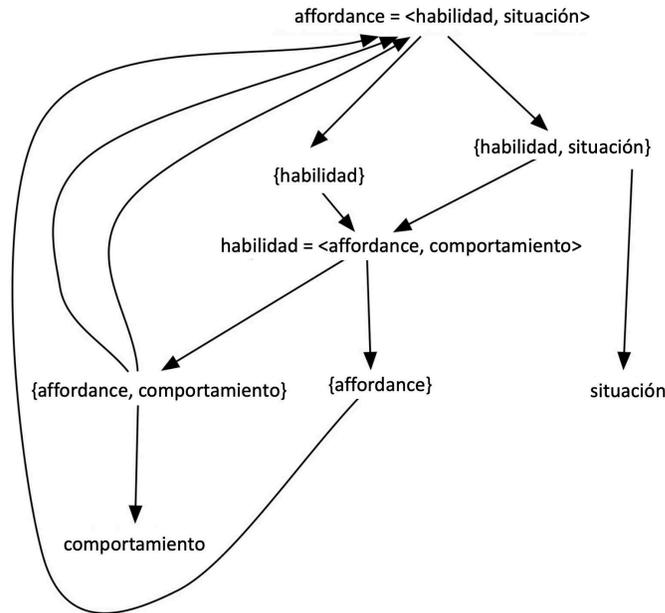


Figura 7: Estructura de affordances según Chemero (2003). Traducido de Chemero y Turvey (2007).

Adelanto un problema: quienes reconocen el papel integrativo de la noción de affordance en ciencias cognitivas, advierten que no se requiere que subyazcan procesos causales comunes o que tengan relaciones de reducción interteórica (*e.g.* Estany y Martínez 2014). ¿Si una affordance Φ se implementa por una serie de mecanismos completamente disímiles, esto implica que es una estructura cognitiva en el sentido relevante? No necesariamente, siempre que se admita la posibilidad de que las clases funcionales⁶² sean términos teóricos respetables,⁶³ aunque resultará aún más problemático justificar que un proceso complejo constituido por múltiples affordances conforma una clase funcional unificada. Si no se aborda este

⁶²Para dos colecciones donde esta discusión figura de manera importante ver (Kaplan 2017 ed.) y (Calzavarini y Viola 2020 eds.). También ver García et al. (inédito).

⁶³Un caso aún más difícil es justificar que un proceso complejo constituido por varias affordances conforma una clase funcional unificada. Por ahora tenemos suficientes problemas.

punto, la estructura de *affordances* mentales terminaría por ser una mera reconstrucción de relaciones inferenciales.⁶⁴

Una cuarta vía para explorar REC débil se encuentra potencialmente en el programa de investigación de Análisis Formal de Conceptos, que utiliza grafos y otras estructuras algebraicas (como retículos) para explicitar las teorías implícitas que se encuentran contenidas en un concepto. Esta herramienta se ha utilizado previamente para reconstruir teorías (*e.g.* Casanueva y Méndez 2012). Resulta particularmente interesante notar que Rudolf Wille (2005) ha aplicado el modelo para desarrollar una teoría de conceptos en el estudio de la cognición, formalizando algunas de las ideas centrales del psicólogo del desarrollo Thomas Bernhard Seiler (2001, 2012). Partiendo de la tradición piagetiana, Seiler (2001) sostiene que los conceptos son estructuras cognitivas que se desarrollan de manera constructiva y adaptativa en la mente humana, desde las categorías básicas de la experiencia hasta los significados altamente convencionales.⁶⁵ Una sola de estas estructuras puede abarcar desde la dimensión psicológica individual hasta los términos teóricos de una disciplina; postulando una continuidad en los distintos grados de desarrollo de un concepto que conforman una jerarquía: cognitivo, léxico, personal y convencional. Wille (2005) muestra cómo se puede reformular las tesis principales de Seiler utilizando las herramientas matemáticas del Análisis Formal de Conceptos, de un modo que permite reconstruir de manera precisa estas jerarquías.

Hasta donde tengo conocimiento, no se ha intentado elaborar una concepción sistemática de las teorías científicas a partir de este tipo de trabajos. Existe una tradición neopiagetiana en psicología cognitiva que no está ligada a Seiler. Ésta ha incursionado en temas muy específicos de filosofía de la ciencia, como el cambio conceptual (*e.g.* Carey y Spelke 1996, Gopnik y Meltzoff 1997),⁶⁶ pero sólo de manera cautelosa y esporádica. Las herramientas formales adecuadas —no necesariamente las que propone Wille— podrían permitir una mayor integración entre la filosofía de la ciencia y la psicología del desarrollo. Como nota histórica, también es

⁶⁴ También surge una complicación a nivel epistemológico: resulta problemático extender el realismo directo hacia la ciencia debido a que los instrumentos más sofisticados no extienden la percepción ecológica, sino que en todo caso los agentes perciben *affordances* de tipo cognitivo (*e.g.* inferenciales) en los instrumentos mismos (*cfr.* Sánchez de Oliveira 2016).

⁶⁵ Hay un cierto parecido con la idea de Giere (1994) anteriormente expuesta.

⁶⁶ *cfr.* Eraña (2009) para una crítica.

interesante considerar las similitudes entre la visión de Piaget sobre el progreso científico y el realismo estructural contemporáneo (*cfr.* Tsou 2006).

Cada una de las cuatro sugerencias anteriores requeriría de un espacio propio para articularse, incluso de manera preliminar, pero considero que vale la pena mencionarlas. Los ejemplos y trabajos citados únicamente buscan mostrar que existen herramientas metodológicas poco atendidas, que ofrecen perspectivas interesantes para ser exploradas en futuras investigaciones.

Para terminar esta sección, quisiera añadir un breve comentario acerca del potencial que ofrece REC para la epistemología general. Mientras que en filosofía de la ciencia predominan las visiones no-enunciativas, el estudio que hace la epistemología contemporánea sobre el conocimiento ordinario ha permanecido a grandes rasgos dentro de una visión lingüística donde la creencia es la unidad de análisis. Fuera de una tradición pragmatista minoritaria, esto ha sido cuestionado en pocos trabajos (*e.g.* Code 2006, Eraña y Barceló 2016), lo cual ha dificultado integrar los componentes sociales, ambientales y artefactuales en la investigación del conocimiento humano desde el punto de vista epistémico normativo. Un estudio detallado de los puntos de continuidad entre las estructuras de la cognición, los modelos cognitivos y el mundo, puede proveer herramientas de análisis para avanzar en la comprensión de estos fenómenos y su normatividad sin reducir la complejidad y materialidad de las prácticas epistémicas a la dimensión lingüística.

7. Conclusión

En esta exposición crítica, he mostrado cómo puede ser fructífero examinar detalladamente los compromisos teóricos del realismo estructural cognitivo, lo cual a su vez permite identificar sus similitudes con algunos antecedentes y examinar de manera detallada algunos de sus problemas centrales. Este trabajo de reconstrucción a su vez se puede aprovechar para encontrar áreas de oportunidad que permitan articular nuevos desarrollos teóricos y metodológicos en la filosofía de la ciencia empíricamente informada.

La simplicidad y elegancia de la visión aristotélica de la ciencia, basada en una ontología jerárquica que se refleja en la estructura del lenguaje,

las teorías científicas y la cognición,⁶⁷ es *prima facie* incompatible con la ciencia experimental moderna. Más aún con los desarrollos del último siglo.⁶⁸ No obstante, el proyecto de buscar continuidades estructurales entre la cognición, los modelos, sus descripciones y las teorías a partir de herramientas unificadoras en el marco de un realismo estructural —o una epistemología cercana— ofrece un programa de trabajo viable que se debe considerar junto con las alternativas existentes, sin olvidar los problemas y retos que conlleva.

Agradecimientos: Agradezco por sus comentarios y sugerencias a quienes dedicaron generosamente su tiempo para leer y comentar distintas versiones de este texto, especialmente a Ana G. González, Agustín A. Ojeda-Aldariz, Ángeles Eraña, Axel Barceló, Azucena Palavicini, Jimena Clavel-Vázquez, Luis Gabriel Posadas, Melina Gastélum, Moisés Macías Bustos, Miguel de la Vega, Natalia Carrillo, Óscar Abraham Olivetti, Quentin Ruyant, Rinnette Riande y Sergio Martínez. También agradezco por su constante apoyo y retroalimentación a los miembros del *Seminario de Teoría de Modelos / Una Arquitectónica para la Ciencia* de la UNAM a cargo de Cristian Gutiérrez.

Referencias

- Barceló, A. (2019), *Sobre el Análisis*, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, México.
- Barsalou, L. W. (2010), “Grounded Cognition: Past, Present, and Future. *Topics in cognitive science*, vol. 2, no. 4, pp. 716–724.
- Barwise, J. e I. Sag, *Stanford Working Papers in Semantics*, volumen 1, Stanford Cognitive Science Group 1980, Stanford.
- Barwise, J. y J. Perry (1980), “The Situation Underground”, en J. Barwise e I. Sag (1980), pp. 1–55.
- Bechtel, W. (1996), “What Should a Connectionist Philosophy of Science Look Like?”, en R. McCauley (1996), pp. 121–44, Washington University in St. Louis, St. Louis.
- McCauley, R. (comp.) (1996), *The Churchlands and their Critics*, Wiley-Blackwell, Hoboken.
- Beni, M. D. (2017a), “Reconstructing the Upward Path to Structural Realism”, *European Journal for Philosophy of Science*, vol. 7, no. 3, pp. 393–409.

⁶⁷ Quizá incluso físicamente implementada, si las interpretaciones funcionalistas de Aristóteles son correctas. Ver Nussbaum, M. C., & Rorty, A. O. (1992).

⁶⁸ Para una opinión en contra ver Feser (2020).

- (2017b), “Structural Realism, Metaphysical Unification, and the Ontology and Epistemology of Patterns”, *International Studies in the Philosophy of Science*, vol. 31 no. 3, pp. 285–300.
- (2018a), “The Downward Path to Epistemic Informational Structural Realism”, *Acta Analytica*, vol. 33, no. 2, pp. 181–197.
- (2018b), “Syntactical Informational Structural Realism”, *Minds and Machines*, vol. 28, no. 4, pp. 623–643.
- (2019), *Cognitive Structural Realism: A Radical Solution to the Problem of Scientific Representation*, Cham, Springer.
- (2020), “Causal Informational Structural Realism”, *International Studies in the Philosophy of Science*, vol. 33, no. 2, pp. 117–134.
- (2021), “Inflating the Social Aspects of Cognitive Structural Realism”, *European Journal for Philosophy of Science*, vol. 11, no. 3, pp. 1–18.
- (2022), “A Tale of Two Architectures: Free Energy, its Models, and Modularity”, *Consciousness and Cognition*, vol. 98, artículo 103263.
- Beni, M. D. y G. Northoff, (2021), “Structures in Physics and Neuroscience”, *Axiomathes*, vol. 31, no. 4, pp. 479–495.
- Bergman, M., (comp), *Ideas in Action: Proceedings of the Applying Peirce Conference*, Nordic Pragmatism Network, Helsinki.
- Bradie, M. y W. Harms (2020), “Evolutionary Epistemology”, en E. N. Zalta (2020).
- Bruineberg, J., J. Kiverstein, y E. Rietveld (2018), “The Anticipating Brain Is Not a Scientist: the Free-Energy Principle from an Ecological-Enactive Perspective”, *Synthese*, vol. 195, no. 6, pp. 2417–2444.
- Bueno, O. (1999), “What is Structural Empiricism? Scientific Change in an Empiricist Setting”, *Erkenntnis*, vol. 50, no. 1, pp. 55–81.
- Callender, C. y J. Cohen, J. (2006), “There Is No Special Problem about Scientific Representation”, *Theoria. Revista de teoría, historia y fundamentos de la ciencia*, vol. 21, no. 1, pp. 67–85.
- Calzavarini, F. y M. Viola (2020), *Neural Mechanisms: New Challenges in the Philosophy of Neuroscience*, volumen 17. Springer Nature, Cham.
- Carey, S. y E. Spelke (1996), “Science and Core Knowledge”, *Philosophy of science*, vol. 63, no. 4, pp. 515–533.
- Carrillo, N. (2018), “Integración de Analogías en la Modelación Científica”, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, vol. 18, no. 37, pp. 317–335.
- Caporaal, L. R., J. R. Griseimer y W. C. Wimsatt (comps.) (2014), *Developing Scaffolds in Evolution, Culture, and Cognition*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Carrillo, N. y T. Knuuttila (2022), “Holistic Idealization: An Artifactual Standpoint”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 91, pp. 49–59.
- Casanueva, M. y D. Méndez. (2012), “Graphs and Lattices as Conceptual Representation Formats. An Exploratory Exercise with Five Specializations of Mendelian Genetics”, *Metatheoria—Revista de Filosofía e Historia de la Ciencia*, vol. 3 no. 1, pp. 19–37.
- Chakravartty, A. (2001), “The Semantic or Model-Theoretic View of Theories and Scientific Realism”, *Synthese*, vol. 127, no. 3, pp. 325–345.

- Chemero, A. (2003), “An Outline of a Theory of Affordances”, *Ecological Psychology*, vol. 15, no. 2, pp. 181–195.
- Chemero, A. y M. Turvey (2007), “Complexity, Hypersets, and the Ecological Perspective on Perception-Action”, *Biological Theory*, vol. 2, no. 1, pp. 23–36.
- Churchland, P. (1979), *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1992), *A Neurocomputational Perspective: The Nature of Mind and the Structure of Science*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Churchland, P. (1998), “Conceptual Similarity Across Sensory and Neural Diversity: The Fodor/Lepore Challenge Answered”, *The Journal of Philosophy*, vol. 95, no. 1, pp. 5–32.
- Churchland, P. (2012), *Plato’s Camera: How the Physical Brain Captures a Landscape of Abstract Universals*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Ciria, A., Schillaci, G., Pezzulo, G., Hafner, V., y Lara, B. (2021), “Predictive Processing in Cognitive Robotics: a Review”, *Neural Computation*, vol. 33, no. 5, pp. 1402–1432.
- Clark, A. (1993), *Associative Engines: Connectionism, Concepts, and Representational Change*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Clark, A. (2015), *Surfing Uncertainty: Prediction, Action, and the Embodied Mind*. Oxford University Press, Nueva York.
- Clavel-Vázquez, M. (2020), “A Match Made in Heaven: Predictive Approaches to (an Unorthodox) Sensorimotor Enactivism”, *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, vol. 19, no.4, pp. 653–684.
- Code, L. (2006), *Ecological Thinking: The Politics of Epistemic Location*, Oxford University Press, Oxford.
- Colombo, M., Elkin, L., y Hartmann, S. (2020), “Being Realist about Bayes, and the Predictive Processing Theory of Mind”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 72, no 1, pp. 185-220.
- Constant, A., Clark, A., y Friston, K. (2021), “Representation Wars: Enacting an Armistice through Active Inference”, *Frontiers in Psychology*, vol. 11, artículo 598733.
- Da Costa, N. y French, S. (2003), *Science and Partial Truth: A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*, Oxford University Press on Demand, Nueva York.
- De Regt, H. (1995), *Representing the World by Scientific Theories: The case for Scientific Realism.*, Tesis doctoral, Tilburg University Press, Tilburg.
- Devlin, K. (2006), “Situation Theory and Situation Semantics”, en D. Gabbay y J. Woods (2006), pp. 601-664.
- Eraña, Á. (2009), “¿Ofrece la ‘Teoría del Cambio Conceptual’ una Explicación Verosímil del Desarrollo Conceptual?”, *Ergo*, vol. 24, pp. 7–40.
- Eraña, Á. y Barceló, A. (2016), “El Conocimiento como una Actividad Colectiva”, *Tópicos*, vol. 51, pp. 9–35, México.
- Estany, A. y Martínez, S. (2014), “‘Scaffolding’ and ‘Affordance’ as Integrative Concepts in the Cognitive Sciences”, *Philosophical Psychology*, vol. 27, no. 1, pp. 98–111.
- Feser, E. (2020), “Précis of Aristotle’s Revenge”, *American Catholic Philosophical Quarterly*, vol. 94. no. 3, pp. 459–461.

- French, S. (2014), *The Structure of the World: Metaphysics and Representation*, Oxford University Press, Oxford.
- Frigg, R. y Nguyen, J. (2020), *Modelling Nature: An Opinionated Introduction to Scientific Representation*, Springer, Cham.
- Frigg, R. y Votsis, I. (2011), “Everything You Always Wanted to Know about Structural Realism but Were Afraid to ask”, *European Journal for Philosophy of Science*, vol. 1, no. 2, pp. 227–276.
- Friston, K. (2010), “The Free-Energy Principle: A Unified Brain Theory?”, *Nature*, vol. 11, no. 2, pp. 127–138.
- Fuller, S., Mey, M., y Shinn, T. (2013), *The Cognitive Turn: Sociological and Psychological Perspectives on Science*, vol. 13, Springer Science & Business Media.
- Gabbay, D. y J. Woods (2006), *Handbook of the History of Logic*, vol. 7, pp. 601–664.
- Gallagher, S. y Allen, M. (2018), “Active Inference, Enactivism and the Hermeneutics of Social Cognition”, *Synthese*, vol. 195, no. 6, pp. 2627–2648.
- Ganter, B., G. Stumme y B. Wille (comps.) (2005), *Formal Concept Analysis*, Springer, Berlín/Heidelberg.
- García, L., Salcedo, M., Vázquez del Mercado, A., (inédito), “Cognitive capacities as functional natural kinds”.
- García de la Sierra, A. (2019), *A Structuralist Theory of Economics*, Routledge, Londres.
- Gibson, J. J. (1950a), *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin, Nueva York y Londres.
- Gibson, J. J. (1950b), *The Perception of the Visual World*, Houghton Mifflin, Boston.
- Giere, R. (1986), “Cognitive Models in the Philosophy of Science”, *En PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 1986, no. 2, pp. 319–328.
- (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago University Press. Chicago
- (1994), “The Cognitive Structure of Scientific Theories”, *Philosophy of Science*, vol. 61, no. 2, pp.276–296.
- (2002), “Models as Parts of Distributed Cognitive Systems”, en *Model-Based Reasoning*, pp. 227–241. Springer, Boston, MA.
- (2010a), *Scientific Perspectivism*, University of Chicago Press.
- (2010b), “An Agent-Based Conception of Models and Scientific Representation”, *Synthese*, vol. 172, no. 2, pp.269–281.
- Godfrey-Smith, P. (2006), “The Strategy of Model-Based Science”, *Biology & Philosophy*, vol. 21, no. 5, pp. 725–740.
- Goldstein, E. (1981), “The Ecology of J.J. Gibson’s Perception”, *Leonardo*, vol. 14, no. 3, pp. 191-195.
- Gopnik, A. y Meltzoff, A. (1997), *Words, Thoughts, and Theories*, MIT Press, Cambridge and London.
- Grim, P., Seidl, F., McNamara, C., Rago, H., Astor, I., Diaso, C., y Ryner, P. (2022), “Scientific Theories as Bayesian Nets: Structure and Evidence Sensitivity”, *Philosophy of Science*, vol. 89, no. 1, pp. 42–69.

- Haack, S. (2004), "Pragmatism, Old and New", *Contemporary Pragmatism*, vol. 1, no. 1, pp. 3–41.
- Hacking, I. (1983), *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (2001), *An Introduction to Probability and Inductive Logic*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Harris, R. (2021), *The Linguistics Wars: Chomsky, Lakoff, and the Battle Over Deep Structure*, Oxford University Press, Nueva York.
- Hatfield, G. (2018), "Helmholtz and Philosophy: Science, Perception, and Metaphysics, with Variations on Some Fichtean Themes", *Journal for the History of Analytical Philosophy*, vol. 6, no. 3, pp. 1–10.
- Helmholtz, H. (1867), *Handbuch der physiologischen Optik*, Leopold Voss, Leipzig.
- Henderson, L., Goodman, N., Tenenbaum, J., y Woodward, J. (2010), "The Structure and Dynamics of Scientific Theories: A Hierarchical Bayesian Perspective", *Philosophy of Science*, vol. 77, no. 2, pp. 172–200.
- Heras-Escribano, M. (2019), *The Philosophy of Affordances*, Palgrave Macmillan, University of the Basque Country, San Sebastián.
- Hohwy, J. (2013), *The Predictive Mind*, Oxford University Press, Nueva York.
- Janzing, D., J. Mooij, K. Zhang, J. Lemeire, J. Zscheischler, P. Daniušis, B. Steudel, y B. Schölkopf, B. (2012), "Information-Geometric Approach to Inferring Causal Directions", *Artificial Intelligence*, vol. 182, pp. 1–31.
- Jones, M. (2020), "Cognitive Structural Realism: A Radical Solution to the Problem of Scientific Representation: by Majid Davoody Beni", *Philosophical Psychology*, vol. 33, no. 5, pp. 772–775.
- Jordan, J. (2017), "Neural Networks: Representation", Jeremy Jordan: Thoughts, ideas, and New Things I've Learned. <https://www.jeremyjordan.me/machine-learning-overview/>.
- Kaag, J. (2014), "Peirce on Neuronal Synchronicity and Spontaneous Order", en J. Shook y T. Solyomosi (2014), pp. 13–28.
- Kaplan, D., editor (2017), *Explanation and Integration in Mind and Brain Science*, Oxford University Press, Nueva York.
- Kay, K. (2018), "Principles for Models of Neural Information Processing", *NeuroImage*, vol. 180, pp. 101–109.
- Keely, B. (comp.) (2006), *Paul Churchland*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kirchhoff, M. y Robertson, I. (2018), "Enactivism and Predictive Processing: A non-Representational View", *Philosophical Explorations*, vol. 21, no. 2, pp. 264–281.
- Knuuttila, T. (2010), "Not Just Underlying Structures: Towards a Semiotic Approach to Scientific Representation and Modeling", en M. Bergman (2010), pp. 163–172.
- Knuuttila, T. y Voutilainen, A. (2003), "A Parser as an Epistemic Artifact: A Material View on Models", *Philosophy of Science*, vol. 70, no. 5, pp. 1484–1495.
- Laakso, A. y Cottrell, G. (2000), "Content and Cluster Analysis: Assessing Representational Similarity in Neural Systems", *Philosophical Psychology*, vol. 13, no. 1, pp. 47–76.
- Ladyman, J., D. Ross, D. Spurrett, y J. Collier (2007), *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*, Oxford University Press, Nueva York.

- Lakoff, G. (1987), *Women, Fire & Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*, University of Chicago Press, Chicago.
- Lenarčič, A. y M. Winter (2013), ‘Affordances in Situation Theory’, *Ecological Psychology*, vol. 25, no. 2, pp. 155–181.
- Lobo, L., M. Heras-Escribano, y D. Travieso (2018), “The History and Philosophy of Ecological Psychology”, *Frontiers in Psychology*, vol. 9, pp. 22-28.
- Lorenzano, P. (2013), “The Semantic Conception and the Structuralist View of Theories: A Critique of Suppe’s Criticisms”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, vol. 44, no. 4, pp. 600–607.
- Macías Bustos, M., (inédito), “Russell’s response to the Newman objection reconsidered: A defense of Russell’s scientific structural realism.”
- Martínez, S. (2014), “Technological Scaffoldings for the Evolution of Culture and Cognition”, en L. R. Caporael, J. R. Grisemer y W. C. Wimsatt (2014), pp. 249–263.
- Martínez-Ordaz, M. (2021), “The Ignorance Behind Inconsistency Toleration”, *Synthese*, vol. 198, no. 9, pp. 8665–8686.
- Massimi, M. (2012), “Scientific Perspectivism and its Foes”, *Philosophica*, vol. 84, no. 1, pp. 25–52.
- Mikenberg, I., N. Da Costa, y R. Chuaqui (1986), “Pragmatic Truth and Approximation to Truth”, *The Journal of Symbolic Logic*, vol. 51, no. 1, pp. 201–221.
- Northoff, G. (2013), *Unlocking the Brain vol. 1, Coding*, Oxford University Press, Nueva York.
- Nussbaum, M. y A. Rorty (comps.) (1992), *Essays on Aristotle’s De Anima*, Clarendon Press, Oxford.
- Parr, T., G. Pezzulo, y K. Friston (2022), *Active Inference: the Free Energy Principle in Mind, Brain, and Behavior*, MIT Press, Cambridge and London
- Pezzulo, G., L. Barsalou, A. Cangelosi, M. Fischer, K. McRae, y M. Spivey (2012), “Computational Grounded Cognition: A New Alliance Between Grounded Cognition and Computational Modeling”, *Frontiers in Psychology*, vol. 3, pp. 612.
- Prinz, J. (2006), “Empiricism and State Space Semantics”, en B. Keely (2006), pp. 88–112.
- Pronobis, A., F. Riccio, y R. Rao (2017), “Deep Spatial Affordance Hierarchy: Spatial Knowledge Representation for Planning in Large-Scale Environments”, en *ICAPS 2017 Workshop on Planning and Robotics*, pp. 1–9, ICAPS, Pittsburgh.
- Proust, J. (2015a), “Feelings as Evaluative Indicators”, En *Open MIND*, MIND Group, Francfort del Meno.
- (2015b), “The Representational Structure of Feelings”, *Open Mind*, MIND Group, Francfort del Meno.
- Quine, W. (1969), “Natural Kinds”, en W. Quine (1969), pp. 114–138.
- (comp.) (1969), *Ontological Relativity and Other Essays*, Columbia University Press, Nueva York.
- Raja, V. (2018), “A Theory of Resonance: Towards an Ecological Cognitive Architecture”, *Minds and Machines*, vol. 28, no. 1, pp. 29–51.
- Reichl, D. (2019), “The Bayesian Brain: An Introduction to Predictive Processing”, *Encephale*, vol. 48, no. 4, pp. 436-444.

- Rosch, E. (1973), "Natural Categories", *Cognitive Psychology*, vol. 4, no. 3, pp. 328–350.
- Ruyant, Q. (2021a), *Modal Empiricism: Interpreting Science Without Scientific Realism*, vol. 440, Springer Nature, Chaim.
- (2021b), "True Griceanism: Filling the Gaps in Callender and Cohen's Account of Scientific Representation", *Philosophy of Science*, vol. 88, no. 3, pp. 533–553.
- Saatsi, J. (2019), "What Is Theoretical Progress of Science?", *Synthese*, vol. 196, no. 2, pp. 611–631.
- Sánchez de Oliveira, G. (2016), "Gibson's Reasons for Realism and Gibsonian Reasons For Anti-Realism: An Ecological Approach to Model-Based Reasoning in Science", en *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 1373–1378.
- Seiler, T. (2001), *Begreifen und Verstehen. Ein Buch über Begriffe und Bedeutungen*, Darmstädter Schriften zur allgemeinen Wissenschaft, Darmstad.
- Seiler, T. (2012), *Evolution des Wissens: Evolution der Erkenntnisstrukturen*, vol. 1, Lit Verlag, Berlín.
- Shook, J. y T. Solyomosi (comps.) (2014), *Pragmatist Neurophilosophy: American Philosophy and the Brain*, Bloomsbury, Londres y Nueva York.
- Siegel, S. (2020), *Los Contenidos de la Experiencia Visual*, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, México.
- Skidelsky, L. y Pérez, D. (2005), "La distinción personal-subpersonal y la autonomía de la explicación de nivel personal en Dennett", *Revista Internacional de Filosofía*, vol. 28, no. 1, pp. 77–112.
- Stegmüller, W. (1979), *The Structuralist View of Theories*, Springer, Berlín/Heidelberg.
- Suárez, M. (2004), "An Inferential Conception of Scientific Representation", *Philosophy of Science*, vol. 71, no. 5, pp. 767–779.
- Suppe, F. (1989), *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, University of Illinois Press, Urbana and Chicago.
- Suppes, P. (2002), *Representation and Invariance of Scientific Structures*, Stanford University Press, Stanford.
- Swanson, L. (2016), "The Predictive Processing Paradigm Has Roots in Kant", *Frontiers in Systems Neuroscience*, vol. 10, p. 79.
- Tsou, J. (2006), "Genetic Epistemology and Piaget's Philosophy of Science: Piaget vs. Kuhn on Scientific Progress", *Theory & Psychology*, vol. 16, no. 2, pp. 203–224.
- Turvey, M. (1992), "Affordances and Prospective Control: An Outline of the Ontology", *Ecological Psychology*, vol. 4, no. 3, pp. 173–187.
- Van Fraassen, B. (1980), *The Scientific Image*, Oxford University Press, Nueva York.
- (1989), *Laws and Symmetry*, Clarendon Press, Nueva York.
- Vlerick, M. (2019), "A Cognitive Perspective on Scientific Realism", *Philosophical Psychology*, vol. 32, no. 8, pp. 1157–1178.
- Weisberg, M. (2013), *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*, Oxford University Press, Nueva York.
- Wiese, W. y T. Metzinger, T. (2017), "Vanilla PP for Philosophers: A Primer on Predictive Processing", en T. Metzinger & W. Wiese (2017), pp. 1-18.

- Wiese, W. y T. Metzinger (comps.) (2017), *Philosophy and Predictive Processing*, vol 1, MIND Group, Frankfurt am Main.
- Wille, R. (2005), "Formal Concept Analysis as Mathematical Theory of Concepts and Concept Hierarchies", en B. Ganter, G. Stumme y B. Wille (2005), pp. 1–33.
- Winther, R. G. (2021), "The Structure of Scientific Theories", en E. N. Zalta (comp.) (2021).
- Woodward, J. (2021), *Causation with a Human Face: Normative Theory and Descriptive Psychology*, Oxford University Press, University of California, Irvine.
- Zalta, E. N. (2021), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University, Stanford.