

# SCIENTIÆ studia

*Revista Latino-Americana de Filosofia e História da Ciência*



# SCIENTIÆ studia

*Revista Latino-Americana de Filosofia e História da Ciência*

São Paulo, v. 14, n. 1, p. 1-270, jan. • jun. 2016

Indexado por  
*Philosopher's Index*  
*The Library of Congress*  
*Qualis/Capes*  
*Sibi/USP*

# SCIENTIÆ studia

*Revista Latino-Americanana de Filosofia e História da Ciência*

Revista do Departamento de Filosofia – FFLCH – USP

São Paulo, v. 14, n. 1, p. 1-270, jan. • jun. 2016

ISSN 1678-3166

---

## EDITOR RESPONSÁVEL

Pablo Rubén Mariconda (USP-Br)

## COMISSÃO EDITORIAL

Claudemir Roque Tossato (Unifesp-Br), Gustavo Caponi (UFSC-Br), Lorenzo Baravalle (UFABC-Br), Renato Rodrigues Kinouchi (UFABC-Br), Sylvia Gemignani Garcia (USP-Br).

## CONSELHO EDITORIAL

Alberto Oscar Cupani (UFSC-Br), Alberto Villani (USP-Br), Antonio Augusto Passos Videira (UERJ-Br), Caetano Ernesto Plastino (USP-Br), †César Ades (USP-Br), Charbel Niño El-Hani (UFBA-Br), Edélcio Gonçalves de Souza (PUC-SP-Br), Eduardo Salles de Oliveira Barra (UFPR-Br), Helena Jerônimo (UL-Pt), Hugh Lacey (Swarthmore-EUA), João Carlos Salles Pires da Silva (UFBA-Br), José Luís Garcia (UL-Pt), José Oscar de Almeida Marques (Unicamp-Br), José Roberto Machado Cunha da Silva (USP-Br), Júlio Celso Ribeiro de Vasconcelos (UEFS-Br), Leopoldo Waibort (USP-Br), Luiz Henrique de Araújo Dutra (UFSC-Br), Marcos Barbosa de Oliveira (USP-Br), Marisa Carneiro de Oliveira Franco Donatelli (UFPR-Br), Maurício de Carvalho Ramos (USP-Br), Michel Paty (Paris 7-Fr), Nicolas Lechopier (ULyon-Fr), Olival Freire (UFBA-Br), Osvaldo Pessoa Júnior (USP-Br), Otávio Augusto Bueno (UM-EUA), Pablo Lorenzano (UNQ-Ar), Paulo Tadeu da Silva (UFABC-Br), Plínio Junqueira Smith (Unifesp-Br), Roberto Bolzani Filho (USP-Br), Silvio Seno Chibeni (Unicamp-Br), Valter Alnis Bezerra (USP-Br).

## UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

*Reitor:* Marco Antonio Zago

*Vice-Reitor:* Vahan Agopyan

## FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

*Diretora:* Maria Arminda do Nascimento Arruda

*Vice-Diretor:* Paulo Martins

## DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA

*Chefe:* Luiz Sérgio Repa

*Vice-Chefe:* Oliver Tolle

*Correspondência editorial*

## SCIENTIÆ studia

Av. Prof. Luciano Gualberto, 315

Cidade Universitária • USP

05508-900 • São Paulo • SP

<www.scientiaestudia.org.br>

secretaria@scientiaestudia.org.br

*Publicação Trimestral*

*Tiragem:* 500 exemplares

*Editoração e capa:* Guilherme Rodrigues Neto

*Foto de capa:* Letícia Freire

Publicado com apoio



**SIBi**  
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## Sumário

## ARTIGOS

Introducción: modelos, imágenes y representaciones <i>Mario CASANUEVA &amp; Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN</i>	9
Procesos y productos: naturaleza y contribución epistémica de las idealizaciones en ciencia <i>Mónica AGUILAR MARTÍNEZ</i>	19
Las imágenes como herramientas epistémicas <i>Axel Arturo BARCELÓ</i>	45
Paisajes dinámicos en la modelización de la comunicación y el aprendizaje <i>Miguel FUENTES &amp; Hernán MIGUEL</i>	65
¿Nos podemos deshacer de los modelos de las representaciones mentales en ciencia cognitiva? <i>Melina GASTELUM VARGAS</i>	95
Un modelo sentimental para la arrogancia epistémica <i>Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN</i>	123
Modelos científicos: el problema de la representación <i>Olimpia LOMBARDI, Hernán ACORINTI &amp; Juan Camilo MARTÍNEZ</i>	151
Flujos informativos, mecanismos y modelos en la síntesis de proteínas <i>Mario CASANUEVA &amp; Rubén MADRIGAL</i>	175
Teorías de la economía campesina en el Museo Nacional de Antropología de la ciudad de México <i>Diego MÉNDEZ</i>	199
Abstracciones, partes y explicaciones en las ciencias del cáncer <i>Octavio VALADEZ-BLANCO</i>	231



## Editorial

Este número inaugura uma nova série de **Scientiæ studia**, agora publicada em volumes compostos por dois números semestrais. A revista passa também a ter números temáticos, com chamadas específicas, e números com contribuições variadas. Os artigos submetidos continuam sendo avaliados pelos pares, sempre no sentido de conduzir a um aprimoramento dos textos enviados pelos autores. A revista passa a ser veiculada eletronicamente (com acesso aberto) exclusivamente no Portal do Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (Sibi/USP).

Duas ordens de motivos conduziram à decisão de retirar o periódico **Scientiæ studia** da base SciElo. A primeira diz respeito ao próprio sentido de publicar um periódico acadêmico ou científico. Na concepção dos editores, uma revista acadêmica – voltada para os estudos filosóficos, históricos, sociológicos, antropológicos sobre a ciência e a tecnologia, tomadas estas últimas em seu desenvolvimento desde a Antiguidade até nossos dias – demanda um tempo maior de maturação discursiva e de operação reflexiva conceitual, para satisfazer uma perspectiva avaliativa na qual a reformulação e reescrita dos textos constituem a situação normal. Nesse sentido, exigências, tais como a de informar as datas de submissão dos artigos, a qual visa assegurar prioridades e direitos de propriedade sobre resultados experimentais e instrumentais, ou a de permitir a informatização (automação) do gerenciamento da avaliação do periódico, a qual visa uma supervisão do processo de avaliação pelos pares, mantido com autonomia por **Scientiæ studia**, são contrárias exatamente a essa condução autônoma da revista, não só porque impõem parâmetros externos que uniformizam segundo padrões quantitativos a concepção do que deve ser um periódico científico, mas também porque reduzem os periódicos acadêmicos, que não são científicos, a um único formato, nem sempre o melhor. Preferimos manter a vocação filosófica e ética da revista, que é a de contribuir para a reflexão e para a tomada de decisões (social, ambiental e eticamente) responsáveis no uso da ciência e da tecnologia, constituindo assim um campo relativamente autônomo de competência sobre questões sociais, ambientais e éticas advindas do uso da ciência e da tecnologia.

A segunda ordem de motivos liga-se à diretiva da internacionalização segundo a qual é preciso ampliar o fator de impacto internacional dos periódicos e, portanto, os periódicos da base passaram a estar submetidos à exigência de publicar em inglês, o que supõe evidentemente uma editoria em língua inglesa. Se antes as traduções de textos eram toleradas, embora já não fossem consideradas, agora simplesmente estavam excluídas e a revista não podia mais manter a seção intitulada “Documentos científicos”, cujo objetivo era, como continua a ser, o de publicar traduções portuguesas e espanholas de textos clássicos da história da ciência e da tecnologia, tornando-os acessíveis. Extinguir a seção era negar a relevância de ter efetivamente publicado textos de Euclides, Leonardo da Vinci, Kepler, Galileu, Descartes, Mersenne, Bacon, Hobbes, Maupertuis, Leibniz, Berkeley, Maxwell, Faraday, Boltzmann, Einstein, Wiener, William James, Quine, Wallace, Marcuse, Heidegger, Husserl... Extinguir a seção era também negar a relevância de complementar o texto traduzido com um artigo introdutório que o contextualiza e, assim, discute a posição (situação) que os intérpretes lhe concedem na história da

ciência, no desenvolvimento das disciplinas científicas e das aplicações técnicas. Considerando, por fim, a contribuição da seção não só para a integração e adensamento dos estudos sobre a ciência e a tecnologia, na acepção acima utilizada, entre comunidades do Brasil, Argentina e, como atesta a publicação deste número, do México, dedicadas a esses estudos, mas também para a difusão e disseminação de fontes científicas primárias no ensino de ciências, os editores preferiram manter o objetivo inicial e continuar a publicar prioritariamente em português e espanhol, sem prejuízo de eventuais números especiais em inglês, como já ocorreu em duas oportunidades.

**Scientiae studia** mantém-se assim como um periódico que supõe que o efetivo domínio das línguas e de suas gramáticas e semânticas está indissoluvelmente ligado ao pensamento, estabelecendo a cada época os limites daquilo que pode ser dito e pensado. O pensamento, ao contrário do conhecimento científico, não se pretende universalmente válido, independentemente de qual seja o lugar ou a situação histórica em que se encontre o autor ou o intérprete. O pensamento supõe, assim, o adensamento linguístico e conceitual da discussão e da compreensão sobre a ciência e a tecnologia, para o qual esperamos continuar contribuindo.

*Os editores*

PABLO RUBÉN MARICONDA  
GUSTAVO CAPONI





# Introducción: modelos, imágenes y representaciones

*Mario CASANUEVA  
Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN*

## RESUMEN

Este texto pasa revista a los artículos publicados en este número. Todas las contribuciones reconocen que las nociones de imagen y/o modelo (centrales para los argumentos en todos los artículos) son a la vez polisémicas y vagas, pues obedecen a multiplicidad de significados, intereses y contextos y sirven como transmisoras de significado entre contextos distintos, las contribuciones se clasifican en dos grupos. El primero de ellos comparte el énfasis en las imágenes como ampliadoras de nuestras capacidades de representación, percepción, cálculo, evocación, síntesis, estructuración y vinculación entre territorios conceptuales ajenos. En el segundo, se comparte una reflexión sobre el conocimiento científico, que enfatiza el rol de los modelos de conocimiento legítimo y consensuado.

**PALABRAS-CLAVE** • Representación. Modelo. Imagen. Diagrama. Transdisciplina. Síntesis teórica. Porosidad conceptual.

Las contribuciones que aquí presentamos son una muestra de los trabajos realizados por miembros del Seminario sobre representación y modelización del conocimiento empírico, junto a ellas hemos puesto un par más, realizadas por colegas cercanos al Seminario y que han sido discutidas por miembros del mismo. El Seminario inició sus trabajos con la intención primordial de indagar algunos aspectos fundamentales sobre el uso de los modelos y representaciones científicas y, a largo plazo, servir a la construcción de herramientas para el pensamiento y el aprendizaje. La centralidad histórica de modelos como el del movimiento planetario de Copérnico, o el de la doble hélice del ADN, capturaron nuestra atención inicial. La relevancia de modelos y representaciones nos resultó clara bajo la sola consideración del tiempo en ellos invertido. Los físicos, los químicos, los biólogos, los médicos, los científicos, los filósofos de la ciencia, los divulgadores y los educadores, por citar sólo los campos que inciden en la presente antología, pasan una gran cantidad de tiempo en la construcción, prueba, comparación y/o revisión de diversos tipos de modelos y representaciones.

En torno a las reconocidamente polisémicas nociones de modelo y representación surgieron preguntas de corte clásico, algunas fundamentales, otras no tanto: ¿qué

clase de cosas son los modelos?, ¿qué es una representación?, ¿cuál es la relación entre representaciones modelos y conocimiento?, ¿qué se debe exigir a una representación a fin de que sirva a la modelización?, ¿cómo aprendemos con modelos?, ¿cuál es el papel de las representaciones en el aprendizaje?, ¿Cuál es la relación entre explicación y modelo? etc.

Rápidamente, las preguntas extendieron el horizonte que las contenía: ¿Los modelos visuales tienen un estatus privilegiado o son sólo un tipo más?, ¿cuál es la naturaleza de las representaciones mentales?, ¿en qué medida las representaciones están constreñidas por nuestra constitución y nuestros requerimientos y expectativas?, ¿cuáles son las implicaciones de un enfoque de la ciencia y el aprendizaje basado en modelos?, ¿qué sucede cuando el poder explicativo de un modelo, se idealiza tanto que lo propio del modelo o la representación pasa a ser considerado propio de su objeto?

A medida que las preguntas iban incorporando intereses específicos de cada uno de nosotros, se iban abriendo, y expandiendo tanto en cobertura como en número. ¿Cuál es el papel de las idealizaciones en la génesis de las representaciones científicas?, ¿las representaciones pueden ser conceptuadas como procesos?, ¿cuál es la relación entre las representaciones propias de las teorías y las que se presentan al público en contextos divulgativos como los museos?, ¿bajo cuáles criterios podemos diferenciar entre las representaciones legítimas y aquellas que constituyen una reificación de la realidad? ¿qué relación guardan entre sí las diferentes representaciones de un sistema de representaciones asociados a una entidad o fenómeno determinado?, ¿cuáles son los límites del conocimiento representacional? Los trabajos aquí reunidos, tienen la intención de contribuir a despejar tales interrogantes.

Las imágenes, modelos y representaciones que sirven al conocimiento constantemente se desbordan, sufren traslapes o invasiones, desaparecen o emergen con nuevos nombres y ubicaciones. Las ideas mismas de modelización y representación obedecen a una multiplicidad de significados, intereses y contextos culturales. Cada uno de los dos últimos las somete a diferentes tensiones de significado. Al igual que otros conceptos como: “ambiente”, “individuo”, “energía”, “estado”, o “persona”, “modelización” y “representación”, pueden caracterizarse como conceptos “porosos”, pues su significado se empapa de múltiples contextos prácticos y epistémicos, adecuándose a ellos y a veces pueden dar lugar a flujos de significado inter-contextos.

El presente volumen no pretende, ni fijar rígidamente el significado de “imagen” “modelo” o “representación”, bajo un único enfoque disciplinar, lo que nos parcería un despropósito, ni demarcar o construir una estructura o tipología que pueda clarificar la polisemia asociada a “dibujar” “modelizar” o “representar”. Tampoco existe un único objetivo o función al que contribuyan los diferentes artículos. Aquí se establecen una serie de *items*, como señales que llaman la atención sobre distintos aspec-

tos ontológicos, epistemológicos y metodológicos asociados a estos conceptos bajo diversas condiciones de uso. Tales señales, se constituyen en enfoques poli-disciplinarios cuyos nexos conforman una red tensa en algunos sitios, laxa en otros. Las interrogantes sobre los fundamentos y posibilidades de los modelos sesgaron nuestro acercamiento a las imágenes. En diferentes grados, las imágenes aquí presentadas son conceptuadas en términos de modelos o representaciones. Los primeros cinco trabajos comparten un énfasis en las imágenes. En ellos se usan o se muestran sus potencialidades para la ampliación de nuestras capacidades, en múltiples direcciones: representación, percepción, cálculo, evocación, síntesis, estructuración, vinculación entre territorios conceptuales ajenos etc. El orden de presentación sigue un gradiente respecto al uso de las imágenes, desde la representación ilustrativa de entidades, a la de teorías individuales, o dominios completos y finalmente desemboca en sistemas pluridisciplinarios.

La contribución de Axel Barceló interroga acerca de las bases de las representaciones epistémicas en general, y las representaciones epistémicas visuales en particular. El punto nodal del artículo es la consideración de que las representaciones son herramientas. El texto, plantea tres distinciones sucesivas, “cada una se funda en la anterior y es más específica”. La primera recuerda las leyes epistemológicas de Eddington (1939) – aquellas que no dependen de cómo sea el mundo sino de nuestra interacción con él, mediada por nuestra estructura cognitiva – y diferencia entre las restricciones de la representación que obedecen a su uso o propósito y las que obedecen a la naturaleza del usuario. La segunda distingue entre un uso estrecho y un uso amplio de las representaciones, el primero es un meramente representar, el segundo añade muy diversas intenciones o propósitos (conceptual, lúdico, epistemológico, práctico, estético, ético, social etc.). La última contrasta entre los procesos de inferencia que realizamos cuando, a partir de la representación, derivamos determinados estados de cosas en el mundo, y los que llevamos a cabo cuando tratamos de indagar si el mundo es como la representación nos indica. En otras palabras, se diferencia entre nuestras indagaciones acerca de las consecuencias de asumir el modelo y las que hacemos acerca de la justificación de nuestra representación. La utilidad de las distinciones se muestra en dos casos concretos de los que se destaca el carácter de instrumento humano de las representaciones: un “final de fotografía” y un diagrama en geometría euclíadiana.

Barceló emplea las imágenes a título de ilustración y muestra como algunas de sus propiedades, en tanto diagramas dependen no sólo de los contenidos y la lógica intrínseca a cada temática de cada uno sino a restricciones impuestas por el diseño ergonómico u otros intereses del usuario. La pragmática de uso es acorde a la propuesta: se parte de una situación, se plantea un diagrama y se vuelve a la situación.

Los siguientes tres trabajos suman, a su uso de imágenes, reflexiones que derivan de una particular noción de modelo, propia de los contextos formales, que debemos a Tarski (cf. Suppes, 1960). De manera gruesa, los modelos se asocian a dos tipos de funciones representacionales. Según una idea ampliamente extendida, un modelo es una representación (material o no) de una determinada porción del mundo, mas también, según una propuesta menos extendida, un modelo es (en un sentido formal) una interpretación que satisface (es decir, torna verdaderos) los axiomas de un cálculo previamente no interpretado (en este sentido, el mundo puede ser un modelo de la teoría). Esta última idea de modelo está detrás de varias de las consideraciones, de Diego Méndez, Mario Casanueva y Rubén Madrigal y Octavio Valadez-Blanco.

El artículo de Méndez, extiende el ámbito de aplicación de la metateoría estructuralista, pues emplea algunas de sus ideas y distinciones más básicas para caracterizar un objeto distinto a las teorías empíricas, las exhibiciones en museos de ciencia. El trabajo usa la distinción entre términos T-teóricos y términos no T-teóricos,<sup>1</sup> a fin de demarcar cuáles son las estructuras que conforman, la base de contrastación o aplicación de la teoría de los sistemas económicos no capitalistas de Chayanov. Tales estructuras describen los sistemas empíricos sobre los que se pretende aplicar dicha teoría y aunque, *prima facie*, se suponen regidas por las leyes y restricciones de la teoría, su descripción no las presupone. Las teorías empíricas versan sobre el mundo, pero, evidentemente, no sobre todo el mundo. Lo primero que debe hacerse para comprender una teoría T es determinar de qué aspectos de la realidad pretende hablar (cf. Balzer; Moulines & Sneed, 1987; Schurz, 2014).

Méndez reconstruye el modo de presentar el rol de la economía en el *modus vivendi* de los campesinos indígenas en diferentes salas etnográficas del Museo Nacional de Antropología en la Ciudad de México (MNA). La reconstrucción se presenta como un diagrama de la teoría de categorías, en lugar de un predicado conjuntista, como es usual en la escuela estructuralista. El esquema, representa la estructura de un modelo como una red de nodos y aristas, o flechas donde los nodos representan entidades o sistemas, las aristas, relaciones y las flechas, funciones o funcionales. A diferencia de las imágenes empleadas por Barceló. El diagrama de Méndez no refiere a objetos particulares (*token*) sino a una caracterización de una clase de modelos de la teoría de

<sup>1</sup> Aunque relacionada con la vieja distinción entre términos observacionales y términos teóricos, la distinción estructuralista no es asimilable a ella. Una clara diferencia entre ambas es que la antigua distinción es semántica, se refiere al significado de los términos en tanto que la distinción estructuralista es funcional, se refiere a cómo se comportan dentro de una teoría particular; un término que sea T-teórico en T puede no ser T'-teórico en T'. Los términos no T-teóricos, existen de manera previa a la teoría (T) con los que se describen los sistemas del mundo a los que se pretende aplicar la teoría. Por su parte, los términos T-teóricos, son aquéllos que no tienen sentido fuera de T, pues se postulan para explicar los datos o fenómenos a los que se refiere la teoría.

Chayanov, su estructura da pie a una reflexión sobre las transformaciones estructurales que sufren teorías científicas al pasar al ámbito de la divulgación.

La contribución de Casanueva y Madrigal se ubica en el contexto de la discusión en torno al papel de las leyes, los modelos y los mecanismos en filosofía de la biología. Los autores destacan algunas de las ventajas del uso de diagramas en ciencia y en filosofía de la ciencia, en particular señalan algunas de las que se han considerado dentro del nuevo mecanicismo en biología, la presentación incluye un esquema muy general, una versión sintética (en términos de nodos y aristas o flechas) que sabemos cómo extender del mecanismo de la síntesis de proteínas, presentado a manera de un modelo conformado por distintas entidades con sus relaciones y funciones que las ligan. Según la idea de Casanueva y Madrigal, los diagramas de mecanismos de la biología molecular, podrían ser vistos como una forma alternativa de la presentación de modelos en términos de entidades y funciones entre ellas (en un sentido matemático). En contra de lo sostenido por la postura habitual del neo-mecanicismo, esta interpretación torna compatibles las ideas de mecanismo y de ley.

El trabajo de Octavio Valadez-Blanco esclarece la pluridimensionalidad asociada al cáncer. Su acercamiento emplea diferentes aparatos teóricos y trasciende las barreras de teorías o dominios particulares. Términos propios de, por ejemplo, estudios sobre complejidad, la filosofía de la ciencia o la ética, confluyen en los mismos cauces argumentativos en que se vierten descripciones celulares, epidemiológicas o moleculares. A la pluridimensionalidad disciplinaria se agrega otra, derivada del planteamiento de una jerarquía ontológica. El artículo se centra en tres proyectos explicativos: el molecular, el estructuralista y el epidemiológico. Las preguntas relacionadas consideradas en estos niveles buscan modelizar, explicar, e intervenir al interior de cada nivel en los diferentes procesos asociados al cáncer (surgimiento y evolución). El trabajo identifica una serie de velos al conocimiento (reificaciónes y fetichismos) cuya presencia se asocia, fundamentalmente, al planteamiento de enfoques parciales y sobre-simplificadores, a la pérdida de la calidad (y dignidad) de sujeto, y al ocultamiento de los procesos que han conducido a la globalización del cáncer. Dada la pluridimensionalidad del enfoque no es de sorprender que los diagramas jueguen el papel de conectores de procesos multinivel o descriptores de modelos intranivel. En todos los casos se trata de grafos en términos de nodos y flechas.

La idea de un cambio de perspectiva ontológico, al considerar que determinadas entidades pueden ser exitosamente concebidas como procesos y no como productos, los cuestionamientos sobre los límites del conocimiento científico como forma de representación o de modelo, así como la importancia del agente cognitivo, su situación y sus herramientas para conocer y aprender, encuentran cabida en la segunda parte de esta antología.

Mónica Aguilar-Martínez trata de un tipo particular de representaciones: las idealizaciones. Sobre ellas reconoce tres enfoques: el primero las considera una búsqueda de representaciones tratables que paulatinamente incrementan su contenido de realidad; el segundo, critica la idea de que la bondad de los modelos dependa de su cercanía con el objeto modelizado y señala que el valor de las idealizaciones incluidas en la construcción de nuestros modelos, debe establecerse considerando el logro epistémico de entendimiento; finalmente, el último vincula el rol representacional de la idealización con objetivos propios de la modelización que guían la construcción de idealizaciones y pueden entrar en conflicto entre sí. Su intención es mostrar que, más allá de las relaciones de representación entre las idealizaciones y los fenómenos sobre los que versan, los procesos de idealización encarnan y facilitan nuestra comprensión de los fenómenos. Después de evaluar pros y contras de las distintas posiciones, muestra cómo, más que considerar a las idealizaciones como un producto, dar relevancia al análisis de los procesos de construcción de idealizaciones y representaciones asociadas, puede constituir una poderosa herramienta para el conocimiento de los fenómenos (cf. Martínez, 2015).

El artículo de Melina Gastelum-Vargas, indica la influencia que visiones derivadas de diferentes frentes en la filosofía de la mente, en particular ideas afincadas en la etología, y de la neurociencia cognitiva, han tenido en el tránsito desde la caracterización de las representaciones mentales en las posiciones clásicas, hasta las caracterizaciones de una postura enactiva y situada .En el trabajo, se transita de una idea de la mente como un computador y las representaciones mentales como internas, temporalmente acotadas, pasivas, separables de su contexto de ocurrencia efectivo, que soportan contenido externo y que requieren de una interpretación, a otra donde las representaciones están orientadas a la acción donde el mundo no es simplemente un mundo físico sino uno cargado de las affordances propias del animal cognitivo situado en su respectivo nicho con el que se encuentra en una relación dinámica. Lejos de ser pasivas, estáticas y limitarse a representar o describir situaciones, las representaciones orientadas a la acción dependen profundamente de las maneras como se interpreta el ambiente y sugieren una reacción adecuada. El enfoque de Gastelum-Vargas destaca el papel dinámico de las representaciones y destaca las contingencias propias del sujeto.

En los siguientes tres trabajos, desde distintos acercamientos y perspectivas, se comparte una reflexión sobre el conocimiento científico, dando hincapié a los modelos de conocimiento legítimo y consensuado. De hecho, los modelos que aquí se presentan o que se cuestionan, dan lugar a considerar en la construcción del conocimiento científico, el rol crucial de los procesos cognitivos del humano que los aprehende. En ellos, al incluir la relación entre agente y conocimiento, se plantean formas no

representacionales del conocimiento, y se toma en cuenta la flexibilización de los procesos, la experiencia epistémica del sujeto cognoscente y los procesos de auto-organización que pueden llevar de la ignorancia al aprendizaje. Estos trabajos tienen la intención de clarificar la importancia de la reorganización de los gradientes de cambio conceptual, al incluir en sus modelos, de manera implícita o explícita, el cambio: las dinámicas de aprendizaje que son producto de la interacción constante del agente sintiente con el contexto de legitimidades en continua transformación. El orden de las contribuciones se inclina con respecto al uso de los modelos, desde una crítica propositiva del carácter representativo de los modelos de conocimiento científico, pasando por un modelo epidemiológico de la experiencia del conocimiento, hasta la propuesta de un modelo dinámico del aprendizaje.

El trabajo de Lombardi, Acorinti y Martínez, aporta una consistente crítica a los argumentos que justifican el carácter representativo de los modelos del conocimiento, señalando la importancia de tomar en cuenta al agente y su intencionalidad como elemento constitutivo de ellos. Advierten respecto a la preeminencia que ha ganado el tratamiento de los modelos por sobre las teorías en la filosofía de la ciencia y en las prácticas científicas (cf. Lombardi, 2014). Lo que consideran producto de una justificación de la capacidad representativa de los constructos teóricos de la actividad científica, al intentar legitimar las fuentes del representar desde la epistemología clásica partidaria del isomorfismo entre representante y representado, hasta llegar a una reivindicación de posturas pragmatistas. En el contexto de esta problemática, este trabajo abre campo para poner en evidencia que no siempre el conocimiento está supeditado a la representación. Se enfatiza que la caracterización de la representación en términos no intencionales, a partir de una relación naturalista entre modelo y sistema, se enfrenta con problemas conceptuales difícilmente superables. Pero, además, tiene una aportación propositiva, ya que no proponen abandonar la asociación entre conocimiento y representación de manera definitiva, más bien, dada la inclusión del rol del agente cognitivo en el enfoque, se intenta afirmar que en muchas áreas y disciplinas también se genera conocimiento en términos instrumentales y predictivos. Sus resultados, aventajan la posición planteada por Giere (2004), al proponer que la representación del conocimiento científico debe flexibilizarse para admitir la posibilidad de reconocer la legitimidad de un conocimiento de tipo no representativo.

La contribución de González-Grandón, extiende el ámbito de aplicación de los modelos del conocimiento científico a la realización de un modelo epidemiológico para representar la situación real de la afección por arrogancia epistémica mediante representaciones formales, en este caso objetos matemáticos. La autora introduce la conceptualización de arrogancia epistémica, como la alteración de algunos agentes humanos en la cual los afectados consideran que saben algo cuando en realidad no lo saben,

lo que ha sido cuantificado empíricamente en el efecto Dunning-Kruger (cf. Kruger & Dunning, 1999). El artículo, tiene por objetivo entender las mejores formas de explicación y recuperación de esta forma de arrogancia, a partir de sugerir una distinción entre la meta-cognición epistémica y la fenoménica. Propone una crítica a la interpretación causal epistémica que se ha hecho de esta alteración y defiende que una etiología más probable proviene de entender la parte fenoménica de la meta-cognición, lo que se ha denominado sentimientos epistémicos. En este aspecto, muestra un paralelismo con la contribución de Lombardi et al., al aportar en la vía del reconocimiento de la legitimidad de formas de conocimiento y de su regulación de tipo no representativo, y ubicarse en el contexto que da cabida al agente cognoscente o ignorante. En el modelo propuesto, la experiencia de la ignorancia o del conocer tienen un papel preponderante, en sí misma y porque la recuperación de la afección arrogante proviene de formas de regulación sentimental.

El artículo de Miguel Fuentes y Hernán Miguel, cierra esta triada al plantear un modelo dinámico de comunicación y aprendizaje. Una de sus principales aportaciones, al igual que los dos artículos anteriores, deviene en tomar en cuenta al modelar a los agentes humanos que aprenden, conocen y se comunican. Se ubican en un innovador contexto en el cual el aprendizaje no se modela de manera lineal, sino que es variable y dependiente de las herramientas cognitivas de los agentes y del contexto. Además, en la descripción esquemática de su sistema, la interacción entre la información entrante y el receptor, así como la auto-organización que emerge de la relación, se consideran elementos constitutivos que no habían sido examinados en modelos anteriores. La investigación abre vías para reflexionar en cuanto a las relaciones e interacciones que parecen ser no deterministas de modo que la información no es condición suficiente para determinar el estado final del receptor luego de la interacción. Dada la noción de auto-organización que el trabajo distingue, se propone un nuevo nivel de explicación en el cual el agente deja la ignorancia y aprehende conocimientos. Tales elementos son valorados por los autores, en un audaz intento por enfrentar la tarea de modelizarlos y dar cuenta que estos aspectos adicionales son muy útiles para una visión más general del problema de la comunicación y el aprendizaje.

En diferentes maneras e intensidades, en los trabajos aquí reunidos se reconocen improntas del seminario, al presentarlos, se espera contribuir a la ampliación de los límites dentro de los que se piensa o se interactúa con conceptos naturalmente diversos, cuya multiplicidad es expansiva.❷

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos al Proyecto CB 182084 de CONACYT su apoyo económico para la realización del seminario de Representación y Modelización (ReMo), así como de este trabajo y del presente volumen.

## INTRODUCCIÓN: MODELOS, IMÁGENES Y REPRESENTACIONES

*Mario Casanueva*

Departamento de Humanidades,

Universidad Autónoma Metropolitana – Cuajimalpa, México.

Phibio, Seminario de Filosofía de la Biología,

REMO, Seminario de Representación y Modelización, México.

*mario.casanueva@gmail.com*

*Ximena González-Grandón*

Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad. Santiago, Chile

Facultad de Medicina-UNAM. Ciudad de México

*xgonzalez@ificc.cl*

## Introduction: models, images and representations

### ABSTRACT

This text provides an overview of the articles published in this issue. The notions of image and/or model are central for all their arguments; and all recognize that these notions are both polysemic and vague, because they reflect a multiplicity of meanings, interests and contexts, and serve for transmitting meaning between different contexts. The articles fall into two groups. Those in the first group share an emphasis on images as amplifiers of our capacities of representation, perception, calculation, evocation, synthesis, structuration, and making links between different conceptual territories. Those in the second group share a view of scientific knowledge that emphasizes the function of models in legitimated and consensual knowledge.

**KEYWORDS** ● Representation. Model. Image. Diagram. Trans-discipline, Theoretical synthesis. Conceptual porosity.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALZER, W.; MOULINES, C. U. & SNEED, J. D. *An architectonic for science: the structuralist program*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- EDDINGTON, A. *The philosophy of physical science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1939.
- GIERE, R. How models are used to represent physical reality. *Philosophy of Science*, 71, p. 742-52, 2004.
- KAISER, M.; SCHHOLZ, O.; PLENCE, D. & HÜTTEAMNN, A. (Ed.). *Explanation in the special sciences*. Springer Netherlands: Springer, 2014.
- KRUGER, J. & DUNNING, D. Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 6, p. 1121, 1999.

- LOMBARDI, O. Linking chemistry with physics: arguments and counterarguments. *Foundations of Chemistry*, 16, p. 181-92, 2014.
- MARTÍNEZ, S. *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas*. México: IIF- UNAM/Bonilla Artiga Editores, 2015.
- SCHURZ, G. Evolutionary explanations and the role of mechanisms. In: KAISER, M.; SCHHOLZ, O.; PLENCE, D. & HÜTTEAMNN, A. (Ed.). *Explanation in the special sciences*. Springer Netherlands: Springer, 2014. p. 155-70.
- SUPPES, P. *Axiomatic set theory*. New York: Courier Corporation, 1960.





# Procesos y productos: naturaleza y contribución epistémica de las idealizaciones en ciencia

Mónica AGUILAR MARTÍNEZ



## RESUMEN

¿Qué son las idealizaciones científicas, cuál es su contribución epistémica en la ciencia y cómo ésta es obtenida? En este texto se distinguen tres distintas vertientes en el análisis sobre la idealización que han dado respuesta a estas cuestiones. Las diferencias entre ellas residen en la forma en que cada una enfatiza el papel de la idealización en la construcción de modelos científicos y el rol epistémico que atribuyen a éstos. No obstante, una restricción subyace a sus planteamientos: aunque conciben a las idealizaciones en términos de procesos, tienden a atribuir su contribución epistémica a sus productos. Hacia al final del texto arguyo por el reconocimiento de la contribución epistémica de los procesos de idealización lo cual requiere tomar seriamente el análisis sobre las prácticas científicas. Termino sugiriendo una manera plural e integral de entender a las idealizaciones situadas en prácticas que puede resultar provechosa para su análisis filosófico.

**PALABRAS-CLAVE** • Idealización. Modelos. Representación. Prácticas. Entendimiento científico.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las idealizaciones científicas son objeto de estudio en la literatura filosófica y el reconocimiento de su papel en el quehacer científico ha generado un eco cada vez mayor. Distintos análisis han concentrado sus esfuerzos en mostrar el uso de idealizaciones – y su repercusión – en diferentes disciplinas científicas como la física (cf. French & Ladyman, 1998), la economía (cf. Mäki, 1994), la biología (cf. Love, 2010), la química (cf. Fernández-González, 2013) o la ingeniería (cf. Laymon, 1989). Asimismo, el análisis de la idealización se ha relacionado con otros temas relevantes en la filosofía de la ciencia; por un ejemplo, algunas discusiones filosóficas actuales sobre la inconsistencia teórica apremian la necesidad de integrar en sus análisis la cuestión sobre si las idealizaciones tienen o no un rol en la generación de inconsistencias en teorías científicas (cf. Davey, 2014).

No obstante, para que la discusión sobre la idealización sea fructífera en problemáticas filosóficas, resulta relevante discutir a qué se le llama “idealización científica”, cuál es su contribución epistémica en la ciencia y cómo ésta es generada. En este sentido, una línea de investigación en el estudio sobre la idealización se ha enfocado en desentrañar el papel epistémico que ésta juega en la representación de fenómenos a través de constructos teóricos o modelos científicos.

Desde las primeras propuestas presentes en la literatura filosófica (cf. Nowak, 1974; McMullin, 1985), hasta las más recientes (cf. Elgin, 2007; Morrison, 2015) pueden identificarse tres distintas vertientes de análisis que definen la naturaleza y la contribución epistémica de las idealizaciones científicas. Las tres vertientes a las que hago referencia son: (1) El “enfoque tradicional” (cf. Batterman, 2009), que vincula a la idealización con la búsqueda de representaciones tratables que capturen la estructura esencial del fenómeno analizado y de las cuales es posible obtener modelos que sean más próximos a la realidad al des-idealizarlos (cf. Nowak, 1970-2000; McMullin, 1985); (2) la idealización como introducción de falsedades en las representaciones y su asociación al logro epistémico de entendimiento, en donde los procesos de des-idealización no siempre son necesarios (cf. Elgin, 2007; Mizrahí, 2009); (3) aquella que vincula el rol representacional de la idealización a distintos objetivos de la práctica de modelado; estos objetivos guían la construcción y evaluación de modelos, y pueden resultar antagónicos (cf. Cartwright, 1983; Morrison, 2005; Weisberg, 2007).

Estas vertientes ponen de relieve parte de la naturaleza de la idealización científica y su contribución epistémica en ciencia, en tanto que señalan y discuten distintos atributos de la idealización y sus formas de operar. Asimismo, muestran cómo la introducción de idealizaciones en modelos favorece la obtención de explicaciones, predicciones y, más generalmente, de entendimiento científico. Estas vertientes también revelan rasgos importantes sobre la naturaleza de los modelos, de la práctica de modelado y de sus formas de obtener información sobre los objetos modelados. Como consecuencia, estos análisis sugieren nuevas formas de revisar otros debates relevantes en filosofía de la ciencia a la luz del estudio de la idealización; por ejemplo, problemáticas en torno la naturaleza de las leyes, la explicación, el entendimiento y el realismo científico.

Dentro de los elementos considerados por cada una de estas vertientes puede observarse una tendencia que restringe el reconocimiento de la contribución epistémica de los propios procesos de idealización. Con esto, no pretendo señalar que los análisis de la idealización no muestren y den cuenta de tales procesos. No obstante, sus análisis se centran en mostrar cómo de los constructos logrados a través del uso de idealizaciones se obtienen beneficios epistémicos relevantes. Los procesos de idealización juegan un papel en la medida en que permiten la construcción de productos

idealizados pero, en sí mismos, no tienen una contribución epistémica relevante; esto es, forman parte de la metodología, mas no de la epistemología científica.

En este artículo me interesa mostrar que el análisis sobre la idealización no concierne únicamente a las relaciones representacionales entre productos de idealización y fenómenos, sino también a cómo los procesos de idealización constituyen y facilitan un entendimiento sobre los fenómenos mismos. Una de las virtudes de este reconocimiento es que permite mostrar las relaciones de constitución epistémica que existen entre los procesos y los productos de la idealización. Estos procesos son relevantes epistémicamente pues a través de ellos se logra un entendimiento gradual y retro-alimentativo de los fenómenos analizados por idealización. Dicha contribución epistémica puede ser identificada con lo que algunos autores llaman “descubrimiento por construcción” (cf. Nersessian, 2008) o “enfoque pragmático del entendimiento” (cf. Lenhard, 2005).

Desde esta perspectiva, tanto procesos como productos de la idealización posibilitan el avance e innovación conceptual que caracteriza a la ciencia. Esta tesis tiene como motivación la consideración del análisis de las prácticas científicas (cf. Turner, 2001, Rouse, 2002, Martínez & Huang, 2015) a fin de integrar la dimensión cognitiva, material y situada de las idealizaciones científicas que pueden favorecer el entendimiento de las mismas y de las contribuciones de su uso en la ciencia. Dicha vinculación posibilita determinar la naturaleza de las entidades idealizadas en función de los particulares procesos de idealización, y concebir a la obtención y construcción de entendimiento y conocimiento científico como resultado de los productos y procesos epistémicos situados en prácticas.

El desarrollo del texto es el siguiente: detallaré las tres vertientes identificadas, enfatizando sus contribuciones y sus puntos comunes en las siguientes tres secciones. En la cuarta sección desarrollaré la restricción que subyace al planteamiento de las tres vertientes y sus consecuencias. Concluiré apuntando algunos elementos que podrían contribuir al análisis sobre la idealización científica si éste no se centra exclusivamente en los productos de la idealización, y se profundiza en el análisis de los procesos de creación y la aplicación de idealizaciones en su dimensión cognitiva y material.

## 1 PRIMERA VERTIENTE: IDEALIZACIÓN, MODELOS Y APROXIMACIÓN A LA VERDAD

Las propuestas de Nowak (1974-2000) y McMullin (1985) componen dos referentes clásicos en el estudio de las idealizaciones científicas. Uno de los principales rasgos que estas propuestas comparten, y la razón por la cual aglomero sus enfoques en esta primera vertiente, es que ambos consideran que el uso de idealizaciones implica un

alejamiento de la verdad debido a la introducción de “distorsión” que posibilita el tratamiento de una situación problemática compleja que de otra manera sería imposible lograr. Este tratamiento por idealizaciones permite que sea capturada la estructura del fenómeno expresada en modelos,<sup>1</sup> la cual es avalada por un proceso de “des-idealización”. Así, el alejamiento introducido es eliminado a fin de aproximar el modelo resultante a la realidad y obtener con ello una representación más precisa, completa y verdadera de los fenómenos investigados.<sup>2</sup> Aunque los tratamientos de McMullin y Nowak difieren en algunos aspectos, en líneas generales sus planteamientos permiten identificar una vertiente de conceptualización sobre la idealización científica que es discutida o expandida por las siguientes dos vertientes.

La propuesta de Nowak representa uno de los primeros intentos en filosofía de la ciencia por desarrollar una concepción sistemática en la cual entender la naturaleza de la idealización y el papel que ésta tiene en ciencia. De acuerdo con este enfoque, la idealización es conceptualizada como un modo de *deformación* que permite enfocarse en la “esencia” de un fenómeno, es decir, como aquello que aísla lo que es esencial en la aparición de un fenómeno (Nowak, 1992, p. 9-10). Las diferentes leyes, modelos o teorías que ofrece la ciencia, en sus distintas disciplinas, representan a los fenómenos de manera deformada, algunos de sus elementos no son exactamente como se presentan en la naturaleza y, sin embargo, la deformación permite que las leyes, modelos y teorías nos digan del mundo en virtud de los aspectos que representan. Para Nowak la deformación por idealización debe considerarse ante todo como un método, esto es, como un procedimiento deliberado y sistemático de deformación. El método de la idealización se compone de tres principales movimientos:

<sup>1</sup> Actualmente existe un enfoque generalizado en la Filosofía de la Ciencia para el cual gran parte de la práctica teórica de la ciencia está basada en la construcción e investigación de modelos idealizados y abstractos, el cual Godfrey-Smith (2006) ha llamado “enfoque basado en modelos”. Sin embargo, lo que está en juego en las distintas vertientes filosóficas que han abordado este tema es la caracterización misma de “modelo”. Para profundizar en la discusión sobre modelos científicos véase: Suppe (1989), Morgan & Morrison (1999), Bailer-Jones (2003), Casanueva *et al.* (2005) y Kunnutila (2005).

<sup>2</sup> El tipo de modelos que concibe esta vertiente está fuertemente ligado a una concepción semántica de las teorías científicas para la cual las teorías no son conjuntos de enunciados axiomatizados por la lógica de primer orden, sino que son conjuntos o familias de modelos (cf. Casanueva *et al.*, 2005, p. 38) los cuales toman su contenido desde las teorías de las cuales son postulados (o sea, modelos teóricos). Para distinguir a los modelos provenientes de las teorías de los modelos obtenidos de los datos observacionales o experimentales, algunos autores (cf. Suppes, 1962, van Fraassen, 2008) identifican a los modelos de datos como la evidencia con la cual los primeros son testados. Bogen y Woodward (1988) plantean una distinción entre modelos teóricos, modelos de datos y fenómenos la cual enfatiza que la relación entre teoría y fenómeno no es directa (por ejemplo, por reglas de correspondencia), sino que involucra la obtención de datos de los fenómenos analizados y de la presentación de tales datos en modelos con los cuales comparar los resultados teóricos. Estas distinciones dan lugar a una jerarquización de modelos con los cuales mostrar las relaciones entre teoría y mundo, por ejemplo, entre fenómenos, modelos de datos, modelos de experimentos y modelos teóricos (cf. Bailer-Jones, 2001).

- (1) Adopción de condiciones idealizantes, esto es, asumir supuestos a través de los cuales se simplifique la situación empírica tratada y que permitan la selección de las propiedades primarias del fenómeno analizado, las propiedades no consideradas son denominadas “secundarias”.
- (2) Formación de hipótesis idealizadas, o sea, formulación de un enunciado condicional idealizado (o fórmula) bajo el cual se considera que la conexión entre propiedades primarias es, bajo ciertas condiciones idealizadas, válida.
- (3) Concretización, o proceso por el cual se añaden gradualmente las propiedades secundarias al antecedente del enunciado condicional, modificándolo y complejizando para ofrecer descripciones cada vez más cercanas a la realidad.

Los diferentes tipos o formas de idealización en ciencia que Nowak presenta, en sus distintas modalidades (normalización, estabilización, semi-idealización, cuasi-idealización, proto-idealización, *ceretis paribus*, etc.) contienen esta misma estructura. Ahora bien, los procedimientos de deformación que incluye la idealización científica son distinguidos en tanto que éstos dan lugar a la modificación, reducción o bien a la extensión de propiedades del fenómeno analizado. Dicho de otra manera, los mundos que la ciencia describe a partir del uso de idealizaciones son mundos ideales cuyos objetos, o bien contienen el mismo conjunto de propiedades que los objetos reales poseen pero donde por lo menos alguna de tales propiedades difiere en grados; o bien carecen de ciertas propiedades específicas (propiedades con valor 0); o bien suman propiedades que los objetos reales no tienen (cf. Nowak & Nowakowa, 2000, p. 276).

Estos procedimientos de deformación del método de idealización permiten capturar la “esencia” formal de los fenómenos y ésta es explicitada en las teorías científicas. A estas últimas Nowak las caracteriza como cuerpos de enunciados que dan lugar a modelos, de tal forma que una teoría científica está constituida por un conjunto de modelos.<sup>3</sup> Lo que distingue a cada modelo es que el cuerpo de enunciados que lo compone está en el mismo nivel de idealización, esto es, que cada modelo esté equipado con las mismas condiciones idealizadas estipuladas.

La principal contribución epistémica de la idealización es, de acuerdo con Nowak, la de generar explicaciones científicas. Un enunciado explicativo es derivado de un

<sup>3</sup> La concepción que toma Nowak para su tratamiento sobre modelos idealizados no es claramente sintáctica ni semántica, en tanto que, a pesar de que asume a las teorías científicas como un conjunto de modelos, parece que su concepción está ligada a los análisis enunciativistas dado que los modelos son concebidos como un conjunto de enunciados condicionales idealizados.

argumento cuyas premisas contienen un conjunto de enunciados que componen a alguna teoría general, la secuenciación de estos enunciados de acuerdo a su grado de abstracción, y los enunciados que describen las circunstancias iniciales concretas en las que el hecho se presenta.<sup>4</sup> Así se muestra que, cuando el proceso de concretización es aplicado, se revela cómo la esencia estructural (ley) es manifiesta en la realidad empírica aún cuando es perturbada por los factores secundarios (cf. Nowak & Nowakowa, 2000, p. 128) y confirma que el modelo obtenido por el método idealizacional de hecho capturó la estructura esencial del fenómeno como para ser explicativo sobre el mismo.

La propuesta de McMullin (1985), aunque difiere con respecto a la propuesta de Nowak, comparte cercanamente su concepción sobre la naturaleza y contribución epistemica de la idealización científica. Debido a que la propuesta de McMullin es un referente clásico sobre el tema y ha dado lugar a una forma de idealización ahora comúnmente caracterizada como *idealización galileana*, su presentación será más detallada.

McMullin nombra a su enfoque “galileano” a fin de reconocer la importancia de los modos de investigación implementados por Galileo para el estudio de la naturaleza, en especial al atribuir un formalismo matemático (geométrico) a una situación física particular (el movimiento de los cuerpos) en lo ahora reconocido como la dinámica galileana. De acuerdo con McMullin, al aplicar un formalismo a la naturaleza, lo primero que se hace es simplificar la complejidad que obstaculiza el análisis del fenómeno a través de la eliminación de impedimentos. Estos impedimentos son identificados como las dificultades prácticas con las que cualquier investigador se enfrenta al intentar llevar a cabo “las relaciones simples del sistema matemático dentro de la complejidad del orden material” (McMullin, 1985, p. 251). El uso de recursos matemáticos facilita y amplía la comprensión acerca de una situación problemática, en la medida que permiten su tratamiento y cuantificación. En este sentido, “imponer” un formalismo matemático a los fenómenos naturales para su tratamiento involucra de un modo u otro el uso de idealizaciones (cf. McMullin, 1985, p. 254; Nowak, 1974, p. 7).

No obstante, de acuerdo con McMullin, no todo uso de idealizaciones en ciencia implica el uso de recursos matemáticos, además se hace uso de otros recursos al dar cuenta de los fenómenos investigados. De hecho, el uso de idealizaciones que caracteriza el estilo galileano no se reduce al uso de las matemáticas para el manejo de impe-

<sup>4</sup> Es evidente que esta propuesta de explicación científica es muy cercana al modelo de explicación hempeliano (1948). De hecho, para Nowak, el modelo de explicación que se deriva de su propuesta es una generalización del modelo nomológico-deductivo. En tanto el modelo hempeliano funciona para la dar cuenta de los enunciados factuales a partir de leyes generales, su modelo de la explicación científica además muestra cómo la ocurrencia del fenómeno depende de los factores principales considerados por la ley idealizada (producto del método de idealización) y cómo los factores secundarios son integrados por dicha ley (a través de la concretización) para la derivación de fenómeno empírico, y con ello la producción de su explicación.

dimentos que imposibilitan analizar un fenómeno. El tratamiento de situaciones problemáticas que Galileo realizó fue más específico, en la cual “movió el foco de atención a un análogo más simple del problema original, uno que se prestaba más fácilmente a una solución. Esto podría, a su vez, después conducir a una solución del problema complejo original” (McMullin, 1985, p. 254-5).

El análogo simplificado no es formulado simplemente a fin de intentar evadir la complejidad de la naturaleza, la intención que motiva su formulación es hacer uso del orden artificial a fin de entender dicha complejidad. Estos rasgos del estilo galileano, en conjunto, permiten a McMullin proporcionar una caracterización general de lo que identifica como “idealización científica”, la cual es descrita como:

una simplificación deliberada de algo complicado (una situación, un concepto etc.) con el fin de lograr por lo menos un entendimiento parcial de esa cosa. Puede tratarse de una distorsión del original o puede simplemente significar dejar de lado algunos de los componentes en un complejo con el fin de centrarse mejor en los restantes (McMullin, 1985, p. 248).

En esta caracterización pueden identificarse tres distintos elementos que McMullin agrupa bajo la noción de idealización. Por un lado, está un sentido en el que la situación es distorsionada en tanto que se omiten ciertos elementos o propiedades de la situación analizada para su representación. Por otro lado, la idealización también distorsiona en la medida en que simplifica la complejidad de una situación analizada, al reducir el número de propiedades y variables del fenómeno para su trato y representación, produciendo un modelo más simple sobre la situación analizada. La simplificación y la omisión pueden ser dirigidas siguiendo dos criterios distintos: o bien los efectos de algunas propiedades son irrelevantes como para formar parte de la representación (o sea, “idealización material”); o bien, aunque se conoce que son relevantes, son omitidos de su representación con el fin de lograr producir un entendimiento acerca de dicha situación (o sea, idealización formal).

Adicionalmente existe un sentido en el que la situación inicial es distorsionada, en este caso se introducen supuestos falsos sobre la situación analizada (cf. McMullin 1985, p. 255); como el suponer planos perfectamente lisos, la resistencia del medio como nula, cuerdas inelásticas y sin masa etc. La introducción de tales supuestos distorsiona la situación inicial en la medida en que determinan *lo que haría* cierto elemento en tal o cual situación, o la relación entre los elementos *como si* tal y tal elemento *fuese* de tal y tal forma. Por ejemplo, como si el movimiento parabólico fuera el resultado de un plano horizontal infinito sin fricción y un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado hacia abajo (como el de la caída libre).

La complejidad del fenómeno no es la única forma de complejidad que McMullin considera, la idealización también es requerida para tratar con la complejidad de las teorías científicas mismas. Las teorías son el trasfondo teórico desde el cual el investigador intenta entender un fenómeno; no obstante, las teorías son bastante complejas como para su aplicación directa al fenómeno, por lo cual es necesaria la postulación de modelos teóricos. Los rasgos idealizados de los constructos obtenidos por el uso de idealizaciones permiten que del comportamiento de los modelos se obtengan regularidades teóricas en forma de leyes.

A partir de las leyes obtenidas se producen explicaciones de los fenómenos investigados, para las cuales los modelos fueron construidos en primer lugar.<sup>5</sup> Para que las leyes obtenidas de los modelos idealizados sean consideradas como explicativas se requieren dos requisitos: por una parte, el uso de idealizaciones tiene que ser tal que la estructura contenida en el modelo debe capturar —y corresponder con— la *estructura real del explanandum*, aún si es sólo de forma aproximada. Por otro lado, que los constructos obtenidos puedan ser objeto de des-idealización; esto es, que los modelos sean considerados como explicativos aun cuando se eliminen los elementos idealizados, este proceso supone conocer la medida en que los constructos se alejan y aproximan a la realidad. Para McMullin, la des-idealización permite la corrección, fertilidad y extensión imaginativa de los modelos cuando éstos proporcionan descripciones más precisas y completas de su *explanandum* (cf. McMullin, 1985, p. 261).

Existen varios paralelismos entre los enfoques de Nowak y McMullin, los puntos comunes en sus propuestas definen como una primera vertiente del análisis sobre la idealización. En general para esta vertiente, idealización científica —entendida como un método o tratamiento analítico— es caracterizada como la entrada de distorsión necesaria para lidiar con el tamaño y la complejidad de los sistemas analizados, facilitando el trato y construcción de modelos teóricos. La introducción de idealizaciones en modelos científicos es justificada por el objetivo de producir representaciones que “capturan” la estructura esencial de la situación problemática de la cual generar explicaciones (generalmente basadas en leyes), y la cual es validada cuando el modelo es des-idealizado. La aproximación del modelo teórico a la realidad permite que éste sea expandiendo y proporcione representaciones cada vez más precisas, completas y verdaderas.

Los enfoques que engloba en las siguientes vertientes discuten algunos de los puntos antes mencionados. En particular, el fundamento que da lugar a la segunda ver-

<sup>5</sup> McMullin (1984) distingue dos tipos de explicaciones científicas: la que se deriva del *explanans* compuesto de leyes empíricas y condiciones iniciales, un tipo de explicación que nos lleva de las causas a los efectos y donde el enunciado-*explanandum* es un caso de la ley empírica postulada. Por otra parte, la explicación teórica obtenida por retroducción, aquella que nos lleva de los efectos a las causas y la cual permite explicar las leyes empíricas (cf. McMullin, 1984, p. 206).

tiente se relaciona, *grosso modo*, con la discusión de la tesis de que los modelos científicos deban considerarse como representaciones completas, precisas o aproximadas a la verdad. Esto sirve como base para asociar al entendimiento como logro epistémico al uso de idealizaciones como se mostrará a continuación.

## 2 SEGUNDA VERTIENTE:

### IDEALIZACIÓN, FICCIÓN Y ENTENDIMIENTO CIENTÍFICO

Para la exposición de esta segunda vertiente me concentraré específicamente en el planteamiento de Elgin (2007a, 2007b, 2009), no obstante parte de la concepción sobre la idealización de esta vertiente es compartida por otros autores, entre ellos, Frigg (2010) y Mizrahí (2011), en tanto el primero enfatiza una interpretación de la idealización en términos de ficción (cf. Suárez, 2009) y el segundo relaciona el uso de idealizaciones científicas con la obtención de entendimiento científico. Es necesario aclarar que los puntos de divergencia entre ésta y la tercera vertiente no son especialmente claros. Por ejemplo, ambas comparten la crítica de que las virtudes epistémicas de los modelos científicos no se basan en que éstos sean cada vez más próximos a la verdad. No obstante, la segunda vertiente se distingue por señalar más enfáticamente que el papel de la idealización en las *representaciones* contenidas en los modelos científicos debe vincularse con el logro epistémico de *entendimiento* científico.

La relación entre idealización y entendimiento tiene repercusiones relevantes en la manera en cómo se puede entender su naturaleza y contribución en la ciencia. De acuerdo con C. Elgin, una de las razones por las cuales el análisis filosófico no ha presentado una investigación profunda sobre lo que significa que la ciencia (en su modalidad representacional) genere entendimiento sobre el mundo, tiene que ver con dos principales factores. En primer lugar, debido a la concepción ampliamente difundida según la cual “la ciencia, se nos dice, es (o al menos aspira a ser) un espejo de la naturaleza” (Elgin, 2009, p. 77); esto es, que el fin de la ciencia es proporcionar representaciones precisas, completas y fieles de como el mundo es. No obstante, dado que la ciencia hace uso de idealizaciones en sus representaciones científicas, esta tesis debe ser reconsiderada.

El segundo factor es consecuencia del primero. Comúnmente, el logro epistémico asociado a la ciencia se basa en criterios de facticidad. Esto es, cuando se habla de los logros epistémicos de la ciencia se tiende a relacionarlos, principalmente, con la obtención de conocimiento científico. Piénsese, por ejemplo, en la noción de conocimiento científico tradicional, aquella planteada en términos de la caracterización tripartita (o sea, conocimiento como conjunto de creencias, verdaderas y justificadas).

El conocimiento es fáctico en tanto que involucra la verdad de la proposición que se cree. Sólo en la medida en que las creencias tengan una justificación de aquello que es verdadero, fáctico o real es que se obtiene un logro epistémico tal como el conocimiento, especialmente cuando se trata de conocimiento científico.

La condición de facticidad del conocimiento, no obstante, es demasiado restrictiva como para mostrar el éxito epistémico asociado a la ciencia, de acuerdo con Elgin (2007a, p. 34). Esto es, asociar el uso de idealizaciones a la búsqueda de representaciones más realistas o más verdaderas, en cierta medida no da cuenta de la práctica científica contemporánea, así como tampoco del éxito epistémico que de hecho le atribuimos. Los científicos recurrentemente introducen idealizaciones en sus representaciones científicas, esto quiere decir que su uso viola la condición de facticidad que se exige debe cumplir un modelo científico.

El reconocimiento del uso de idealizaciones en la ciencia señala, cuando menos, que existe un logro epistémico asociado a su uso que no depende de representar fielmente a la realidad. El estudio de las idealizaciones científicas permite mostrar cómo de la “distorsión” de situaciones problemáticas es posible obtener entendimiento científico. Elgin afirma que el entendimiento no es obtenido a partir de proposiciones atómicas individuales, sino sobre un cuerpo articulado de información fundamentado en los hechos (cf. Elgin 2007, p. 11); el entendimiento de una oración en particular sólo puede darse si ésta es con respecto a un cuerpo de información que la engloba.

Este cuerpo de información puede contener alguna información no verídica, no obstante, estos aspectos no verídicos no son dañinos para la obtención de entendimiento, pueden servir como herramientas para entender un fenómeno particular cuando éstos son integrados a un cuerpo más amplio de información, por ejemplo aquel que compone una teoría científica. Sólo de esta forma la información obtenida por idealizaciones adquiere sentido y es sensible a la luz de nueva evidencia de acuerdo con Elgin (cf. 2007b, p. 6-7). Dado que las idealizaciones generan entendimiento, el entendimiento no puede considerarse estrictamente como fáctico.

En este contexto, la idealización es caracterizada como la *introducción de falsoades* necesarias para la obtención de entendimiento. En esta medida las idealizaciones son “trabajos de ficción” que sirven para enfatizar y ejemplificar rasgos de la situación investigada. En sentido estricto, por ejemplo, el modelo de la ley de los gases ideales es literalmente falso, en tanto que asume propiedades de los gases que no son fácticas; como considerar que el gas está compuesto de partículas puntuales, que sus choques son perfectamente elásticos, que no hay fuerzas de atracción entre partículas, etc. La introducción de idealizaciones permite seleccionar, manipular, aislar, controlar y enfatizar las propiedades de un fenómeno para su representación desde la cual es posible obtener información sobre el fenómeno investigado. Por esta razón, la ley de los gases

ideales, aunque es resultado de un trabajo de ficción, permite discernir y establecer las relaciones entre tres variables de estado (presión, volumen y temperatura).

Elgin enfatiza que los modelos no pueden representar a la realidad tal como es, esto es, como si se tratara de mapear uno a uno los elementos del modelo con el mundo. Al contrario, los modelos son perspectivales, en tanto que producen una perspectiva selectiva de las propiedades de los fenómenos. Un modelo científico es un producto de selección en el que se elige qué es lo que se representará en el modelo, qué aspectos contendrá y el nivel de detalle que se dará a su contenido (por estipulación o por similitud, por ejemplo). No obstante, más allá de determinar cuáles son las relaciones entre las representaciones y aquello que se representa, las representaciones obtenidas de los modelos construidos son valiosas en tanto que de ellas es posible ganar información sobre los fenómenos tratados. Esta información contenida en modelos genera perspectivas, en tanto que al enfatizar algunos rasgos del fenómeno analizado, necesariamente ocuye otros elementos de su representación (cf. Elgin, 2009, p. 88).

La introducción de falsedad en las representaciones y modelos científicos permite lograr un acceso epistémico a la situación analizada que de otra manera sería imposible obtener, pues permiten, por ejemplo, que los “factores que son inseparables en la realidad, puedan ser separados en la ficción” (Elgin, 2009, p. 82). Pero ¿cómo es posible que la introducción de falsedad logre tal acceso epistémico sobre la situación tratada? De acuerdo con Elgin, debe considerarse que dicha introducción permite *ejemplificar* propiedades que el sistema de hecho tiene pero que no son posibles de discernir sin que otras propiedades del sistema sean omitidas, eclipsadas, marginalizadas o separadas a través del uso de idealizaciones (cf. Elgin, 2007b, p. 12). Esta particular instanciación de propiedades es selectiva (cf. Elgin, 2009, p. 82), los modelos ejemplifican las propiedades relevantes para la representación de un fenómeno y por ende tener un acceso epistémico que permite obtener información sobre el mismo.

Puesto que en algunos casos las representaciones idealizadas ejemplifican de una mejor manera, más claramente o efectivamente, las propiedades o dinámica del sistema que buscamos entender, la des-idealización de las representaciones no siempre es necesaria. Aunque la representación contenga idealizaciones, puede generar un mejor acceso epistémico a la situación que una representación más compleja, precisa o completa, y por ello “no hay ninguna expectativa de que con el correr del tiempo las idealizaciones serán eliminadas de las teorías científicas (...). Tales idealizaciones no son, no pretenden ser, y no aspiran ser reemplazadas por, verdades” (Elgin, 2007b, p. 10-4).

Por éstas razones, las representaciones obtenidas de los modelos científicos no son representaciones-*de* sino representaciones-*como*, de acuerdo con Elgin. Esto es debido a que, si los modelos son representaciones *de* algo más, entonces se asume que

los aspectos constituyentes de los modelos refieren directamente a los objetos representados; sin embargo, algunas de las partes constituyentes del modelo no tienen dicha relación referencial, sino que, al contener idealizaciones, los modelos representan a la situación física analizada *como si* fuesen de tal y tal manera, por ejemplo: “Un resorte es representado *como* un oscilador armónico sólo en caso de que una representación-oscilador-armónico como tal denote al resorte. La representación-oscilador-armónico involucra idealización. Por lo que no es estrictamente una representación *de* un oscilador armónico” (Elgin, 2009, p. 80, énfasis mio).

En términos generales, la segunda vertiente afirma que los modelos resultantes del uso de idealizaciones no son mejores o más efectivos si estos son más cercanos a la realidad y que, en muchos casos, es deseable que los modelos se mantengan idealizados. En esta medida, la búsqueda por facticidad que supone un proceso de des-idealización no captura la relevancia epistémica de idealizaciones en ciencia. Los modelos científicos son trabajos de ficción dado que involucran falsedades en sus representaciones, no obstante, éstas tienen un papel epistémico positivo en tanto que permiten la generación de entendimiento.

La separación entre la primera y la segunda vertiente es sutil pero, al mismo tiempo, lo suficientemente nítida como para diferenciarlas.<sup>6</sup> Mientras que la primera vertiente considera que hay una única manera de representar los fenómenos analizados – aquella que captura con verdad la estructura esencial del fenómeno –, para la segunda existen diferentes modos en que los fenómenos pueden ser representados. La generación de distintas representaciones idealizadas da lugar a distintas perspectivas del fenómeno analizado, cada una de las cuales determina lo que es relevante para generar entendimiento sobre distintos aspectos del fenómeno. Así, el punto central de la segunda vertiente es precisamente que la introducción de falsedad está justificada en tanto que genera vías epistémicas con las cuales alcanzar – indirectamente – dicha verdad, aunque se trate de una verdad con minúscula, una verdad perspectival, parcial e incompleta pero fundada en los hechos.

Ciertamente, en ambas vertientes subyace la noción de verdad. La primera considera que la verdad es aquello a lo cual los modelos deben aproximarse, por ello el énfasis en la necesidad del proceso de des-idealización. La introducción de idealiza-

<sup>6</sup> Agradezco profundamente los comentarios hechos por el primer dictaminador anónimo quien me hizo ver la necesidad de enfatizar las diferencias entre la primera y la segunda vertiente. Si bien no sigo su sugerencia de distinguir entre un “realismo creyente” y un “realismo escéptico” como el punto de separación entre ambas vertientes, espero que el énfasis que pongo en la forma en que la noción de “verdad” es tratada por cada una, haga justicia a sus recomendaciones. Quiero destacar que la razón por la cual no sigo su sugerencia es debido a que no considero que la distinción entre vertientes radique en que la segunda sostenga que seamos incapaces “de alcanzar *la* verdad”, pues parece que a pesar de considerar una noción de verdad menos rígida, ésta continua jugando un rol importante en su planteamiento.

ciones, en este sentido, siempre significa un alejamiento de dicha verdad. La segunda vertiente reafirma esta consideración: en tanto que existe algo como “la verdad”, es posible “reconocer que algo es una ficción”. La medida en que se introducen falsedades produce que las representaciones obtenidas sean lejanas de la verdad, esto es, de cómo el fenómeno de hecho es; no obstante, su introducción resulta útil para obtención de información que genera entendimiento sobre dichos fenómenos. En esta medida, la segunda vertiente también basa su análisis de la idealización en la noción de verdad y de representación, aunque en un sentido distinto a la primera vertiente. Como se verá en la siguiente sección, la extensión y a su vez crítica de algunos de estos puntos es lo que da lugar a la tercera vertiente.

### 3 TERCERA VERTIENTE:

#### IDEALIZACIÓN, MODELADO Y OBJETIVOS REPRESENTACIONALES

Una tercera vertiente del análisis de la idealización científica puede ser identificada cuando el rol de la idealización es más explícitamente vinculado a la práctica de modelado. Anteriormente he señalado que las distinciones entre vertientes no son tan nítidas dado que todas ellas ven el uso de idealizaciones en la construcción de modelos científicos. No lo es, incluso más, entre las dos últimas vertientes, pues ambas comparten un rechazo a la pretensión de que los modelos en ciencia sean mejores si proporcionan de representaciones más próximas a la realidad y ambas explicitan el valor pragmático de la idealización en la construcción de modelos. No obstante, la diferencia entre estas últimas dos vertientes reside en el modo de argumentar sobre esta cuestión. Para la tercera vertiente las idealizaciones son guiadas por distintos objetivos del modelaje (incluida la búsqueda por representaciones precisas o completas), cuya satisfacción genera la obtención de entendimiento científico.

Para esta línea de análisis, los modelos, más que representaciones fieles de la realidad, son construcciones teóricas elaboradas para satisfacer distintos propósitos epistémicos. La construcción de modelos en ciencia hace uso de diferentes recursos y procesos. Existen modelos que no son construidos a partir de la eliminación y omisión de factores complejos o irrelevantes por idealización, sino que muchos de ellos son construidos a partir de supuestos altamente irrealistas cuya articulación y dinámica da lugar a realidades paralelas o sistemas artificiales (cf. Rouse, 2009, p. 45).

En esta medida se separa a la idealización de la ficción. Para Elgin los modelos son trabajo de ficción en la medida en que integran supuestos falsos lo cual supone el concepto de verdad. Elgin también arguye que esto no quiere decir que los modelos construidos por idealización sean ficticios dado que “las falsedades afortunadas no

son ficciones. Las oraciones fictivas no son ni pretenden ser verdaderas" (Elgin 2007, p. 14). Dicho de otra, mientras que las idealizaciones introducen falsedad útil, las ficciones son no son ni verdaderas ni falsas. Para la tercera vertiente los modelos también pueden ser caracterizados como trabajos de ficción, en el sentido de que la construcción de modelos es fruto del uso de ficciones e idealizaciones. No obstante, más allá de su vinculación con ficción, la idea de modelos como construcciones permite dar cuenta de la heterogeneidad de modelos científicos y de los distintos fines que guían la práctica de modelado. Así mismo sugiere que la construcción de modelos en la ciencia, más que seguir un procedimiento o método definido, refiere a una actividad científica que hace uso de distintos recursos para la construcción de modelos, uno de los cuales es la idealización. Estos dos últimos puntos son los que ubico como característicos de la tercera vertiente.

El origen de esta vertiente puede rastrearse en la propuesta de Nancy Cartwright (1983, 1989). Uno de los principales roles que Cartwright otorga a la idealización tiene que ver con la construcción de modelos científicos. Los modelos son fruto de trabajo teórico y experimental en el que se integran simplificaciones y distorsiones en la preparación de las descripciones teóricas. De ser así, debemos considerar seriamente el rol que las idealizaciones tienen en la preparación de nuestras representaciones científicas. De acuerdo con Cartwright, siempre debe tenerse en mente que muchas de las entidades expresadas en el modelo (por ejemplo, ecuaciones, leyes teóricas y cláusulas *ceteris paribus*) existen sólo en dichos modelos, tener en cuenta esta consideración evita "pensar al modelo como una réplica exacta de la realidad, y atribuir a los objetos modelados no solo las propiedades genuinas del modelo, sino también las propiedades de conveniencia" (Cartwright, 1983, p. 156).

Esta es otra forma de ver la distinción de planteamientos entre la primera y la segunda y la tercera vertiente. Como se muestra, para Cartwright algunos componentes de los modelos no pueden considerarse como próximos a la realidad, algunos de ellos son puras ficciones. Las ficciones no pueden considerarse en el mismo rubro que aquellos constructos considerados como aproximadamente verdaderos, en sentido fáctico. Por ello, ser más cercano a la realidad no es el estándar con el cual se deben evaluar a las ficciones pues desde un principio se determinan, por naturaleza, como representaciones literalmente no fácticas.

Bajo estas consideraciones, Cartwright sostiene que los modelos son construidos bajo diferentes propósitos para diferentes problemas y su desarrollo atiende a distintas preocupaciones científicas (generalidad, cálculo, precisión etc.). Debido a esto, no es posible afirmar que si un modelo es más realista, entonces dará mejor cuenta de todas las preocupaciones explicativas de la teoría. Cada modelo es *elaborado* para dar cuenta de una problemática particular para la cual son relevantes distintos aspectos

del fenómeno, en esta medida cada modelo debe ser *evaluado* con respecto a propios propósitos que guiaron su construcción (cf. Cartwright, 1983, p. 151-2).

El planteamiento de Margaret Morrison (2005) sirve para ver otro punto que distingue la tercera vertiente. Morrison debate específicamente que la idealización sea caracterizada *necesariamente* en términos de aproximación. De acuerdo con su enfoque, a veces no se cuenta con un estándar de comparación con el cual definir la medida en que las idealizaciones se alejan o aproximan a la realidad, razón por la cual hay instancias de introducción de idealizaciones que no pueden ser des-idealizadas, pues no hay una base definida sobre la cual sobre la cual realizar dicho regreso (Morrison; 2005, p. 152). Por esta razón, Morrison arguye que el desarrollo de los modelos en ciencia no siempre ocurre de manera acumulativa; esto es, no hay por qué considerar que el modelo refinado sea mejor epistémicamente al anterior por ser más aproximado a la realidad. La evaluación del éxito de los modelos no siempre tiene que ver con su aproximación a la verdad, sino con respecto a los fines y los contextos en los cuales los modelos son construidos.

Desde este punto de vista lograr un mejor entendimiento de la realidad no es siempre implica una acumulación de aproximación de un mismo modelo, sino a partir de la proliferación de distintos modelos que dan cuenta de distintos aspectos de un fenómeno. Dada la complejidad de la naturaleza, sería imposible construir un solo modelo que dé cuenta de todos los aspectos concernientes a un fenómeno particular sin que pierda exactitud y coherencia; por ello, a través de la proliferación de modelos es posible describir con mayor precisión y profundidad los múltiples aspectos específicos del fenómeno analizado, de acuerdo con Morrison.

La tesis de que los modelos son construidos y evaluados de acuerdo a fines particulares es también considerada por Weisberg (2007). Para Weisberg, las idealizaciones operan en la construcción de modelos bajo ciertos principios específicos que determinan el contenido de los modelos producidos y la manera en que se determina cómo éstos son evaluados. A este conjunto de principios Weisberg los llama “ideales representacionales” y estos son: completitud, simplicidad, causalidad, maximización y generalidad.<sup>7</sup>

Weisberg caracteriza a la idealización como “la introducción intencional de distorsión en las teorías científicas” (Weisberg, 2007, p. 339). La vaguedad de esta caracterización es especificada en los tres tipos de idealizaciones que Weisberg presenta. De acuerdo con su tipología, la idealización galileana (a la cual hace referencia McMullin)

<sup>7</sup> Weisberg retoma la tesis de Richard Levins (1984) para explicar la necesidad de los diferentes fines u objetivos que da lugar a la construcción de modelos. De acuerdo con Levins, lo que dirige la construcción de modelos en la práctica científica son los diferentes *desiderata* que guían la investigación científica.

es sólo un tipo de idealización utilizada en ciencia. Weisberg la caracteriza como la introducción de distorsión en las teorías científicas a fin de simplificarlas y hacerlas matemáticamente tratables, razón por la cual le es adjudicada una justificación pragmática. Al modelo producido por este tipo de idealización le sigue un movimiento en el que se añade gradualmente el detalle simplificado para, finalmente, obtener una representación más precisa y detallada acerca del fenómeno. En este sentido, los modelos construidos a través de la idealización galileana siguen un ideal de completitud (cf. Weisberg, 2007, p. 640).<sup>8</sup>

El segundo tipo de idealización opera en la construcción de modelos teóricos que representan los factores causales esenciales relevantes de la situación problemática, aquellos que hacen una diferencia en la ocurrencia del fenómeno. Dado que sólo los núcleos causales relevantes son representados en el constructo, el modelo producido es caracterizado como minimalista, no requiere des-idealización y su justificación radica en su función cognitiva que posibilita al investigador la elaboración de explicaciones basadas en núcleos causales. Weisberg vincula esta forma de idealización con el ideal representacional de simplicidad y causalidad. Finalmente, el tercer tipo es la idealización de modelos múltiples (IMM). Ésta implica la elaboración de distintos modelos que, aunque están relacionados por su objeto de estudio, (en ocasiones) sus estructuras resultan incompatibles entre sí. Cada modelo hace distintas afirmaciones acerca de las propiedades o del comportamiento del fenómeno con respecto al *desideratum* específico que buscan lograr; los cuales, en conjunto, logran producir un entendimiento global acerca del fenómeno. La justificación de la IMM depende del ideal representacional al que esté relacionado y la des-idealización es necesaria o no dependiendo de la función y finalidad que cada modelo.

En esta tercera vertiente, el papel de las idealizaciones se basa en la práctica del modelado (con sus distintos fines y contextos) y coincide en el rechazo a la idea de que los modelos son mejores sólo en el caso de ser más completos, precisos y más próximos a la verdad. Esta vertiente muestra distintos usos de la idealización científica en función de los aspectos pragmáticos de la construcción de modelos científicos que inciden en su contribución epistémica. De acuerdo con el diagnóstico que presento a continuación, las tres vertientes anteriormente presentadas comparten un enfoque

<sup>8</sup> Weisberg caracteriza a la idealización galileana en función de su aspecto instrumental, olvidando que este aspecto opera bajo el objetivo de capturar la estructura esencial del fenómeno para su explicación, lo cual constituye su contribución epistémica validada por el proceso de des-idealización. El ideal de completitud que Weisberg vincula a la idealización galileana tiene que ver únicamente con el proceso de des-idealización, entendido parcialmente. En este sentido, parece que la caracterización realizada por Weisberg no es fiel a lo que la idealización galileana es, no obstante este movimiento le permite que la justificación epistémica sea sólo considerada para la idealización minimalista.

que atribuye el valor epistémico de las idealizaciones al contenido representacional de los modelos científicos, dejando fuera otros elementos u otras contribuciones epistémicas no siempre reconocidas que podrían beneficiar un tratamiento sobre la idealización científica en filosofía de la ciencia más amplio e integral, si se toma serio el papel de la práctica científica.

#### 4 ¿CUÁL ES LA CONTRIBUCIÓN EPISTÉMICA DE LAS IDEALIZACIONES CIENTÍFICAS?

La exposición de las vertientes muestra algunas de las cuestiones relevantes a considerar en el análisis filosófico de la idealización científica, sobre su naturaleza y sobre su contribución epistémica en la ciencia. No obstante, su examen también da lugar a la identificación de algunas restricciones que limitan el entendimiento acerca de lo que las idealizaciones son, y de las formas en que éstas contribuyen epistémicamente al desarrollo de la ciencia. Particularmente, la restricción a la que me refiero busca llamar la atención sobre el reconocimiento de la contribución epistémica de los procesos de idealización, o bien, sobre las idealizaciones como procesos.

En los análisis que componen estas vertientes se distingue analíticamente –implícita o explícitamente– entre procesos y productos de la idealización. Esta distinción permite reconocer dos componentes de una misma unidad de análisis. Dicho de otra manera, el término “idealización” contiene un doble sentido, por un lado, se refiere a los procesos o formas de idealización y por otro a los productos idealizados (o constructos que contienen idealizaciones, por ejemplo, leyes o modelos científicos).

Las distintas vertientes conciben a la idealización como un proceso, operación, método o aspecto de la metodología científica, no obstante, la naturaleza y contribución de la idealización científica es enfocada a los productos de la idealización. Mi objeción no es que se muestre y analice la contribución epistémica que tienen los constructos teóricos o modelos resultantes, los análisis de las tres vertientes son valiosos pues permiten entender cómo el uso de idealizaciones da lugar a productos con roles epistémicos importantes con los que es posible entender los fenómenos físicos de interés científico. Pero si el análisis se centra sólo en mostrar cómo de los constructos se obtienen beneficios epistémicos, se sugiere que los procesos de idealización, aunque importantes para entender la metodología científica, carecen de relevancia para dar cuenta del contenido epistémico de la ciencia. Dicho de otro modo, parece suponerse que los procesos de idealización son relevantes para dar cuenta de la metodología, mas no de la epistemología científica. Un reto a este supuesto requiere hacer evidente la vinculación epistémica indisociable entre procesos y productos de la idealización.

Mi interés en mostrar los puntos de debate entre vertientes tiene como fin señalar las formas en que sus análisis integran otros elementos que permiten aumentar nuestro conocimiento sobre qué son las idealizaciones y sobre su rol en la ciencia. En esta medida, los apuntes que hago en esta sección no tienen como objetivo la distinción de una nueva o cuarta vertiente, sino la articulación de distintos elementos en el análisis que, en conjunto, pueden contribuir al entendimiento sobre la idealización científica.

De acuerdo con mi diagnóstico, la tendencia de vincular la contribución epistémica de la idealización a los productos idealizados no permite reconocer que los procesos de idealización, en sí mismos, dan lugar a un entendimiento gradual y retroalimentativo de los fenómenos que se busca entender. Si se reconoce que es a partir de los procesos de idealización que se obtiene información sobre la situación problemática analizada al manipularla, alterarla, controlarla y suponerla en condiciones posibles o al distorsionarla, entonces es posible evidenciar que el valor epistémico de las idealizaciones en ciencia no se centra sólo en sus productos, sino también en sus procesos. Se trata de una contribución epistémica que algunos autores caracterizan como “descubrimiento a través de construcción” (Nersessian, 2008) o como “enfoque pragmático del entendimiento” (Lenhard, 2005) con lo cual se busca mostrar que las habilidades prácticas de manipulación en los procesos de construcción de modelos, en los que se ven implicados la formulación y uso de idealizaciones, son los medios a través de los cuales el científico obtiene entendimiento y “novedosos *insights*” sobre el fenómeno analizado – o sobre aspectos de éste – los cuales son explicitados finalmente en los productos resultantes. Estos acercamientos con el fenómeno a través de su trato y manipulación, que implica el diseño y uso de idealizaciones, permiten al científico entender los componentes, propiedades y dinámica de la situación problemática que está analizando. El manejo teórico y experimental que tiene el científico sobre la interrogante que analiza es lo que se va estabilizando y queda plasmado en los resultados de los productos finales, sean éstos representaciones, conceptos o estructuras conceptuales.

Así, por el manejo del fenómeno empírico mediante los procesos de idealización es posible obtener información sobre la situación problemática analizada y sobre su naturaleza. El empleo de dicha información sirve como base para mejorar el rendimiento y robustez epistémica del producto que se busca obtener. La información obtenida permite extraer conclusiones acerca de la forma y el estatus de los productos resultantes, pues sus rasgos o propiedades dependen de la naturaleza del problema y de los movimientos involucrados en su construcción y aplicación (como la necesidad o no de des-idealización). De esta forma, una de las virtudes de la eliminación de la restricción señalada es que permite mostrar la interconexión entre ambos sentidos de la idealización que componen una misma unidad de análisis.

Señalar la contribución epistémica de los procesos de idealización requiere enfatizar la actividad de idealizar. Este énfasis permite mostrar algunos de los supuestos que subyacen a los análisis sobre la idealización científica. Y es que parece que algunos enfoques – implícita o explícitamente – consideran a la idealización o como una operación intelectual (cf. Cartwright, 1989) o bien como una forma de operar con una estructura distingible (cf. Nowak & Nowakowa, 2000). Se sugiere entonces que la idealización refiere a un método bien definido con patrones de reglas inequívocas que pueden ser aplicadas en cualquier contexto científico. O bien, se considera –en mayor o menor medida– que esta forma de operar ocurre estrictamente en el intelecto; esto es, que los procesos de idealización son realizados a nivel representacional interna, sin necesidad de manipulación física del objeto de análisis. Entender el proceso de idealización como un método tiene la consecuencia de dejar de lado el carácter creativo, dinámico y constructivo que estas actividades involucran y de excluir las peculiaridades de cada contexto en el cual dicho proceso puede ser llevado a cabo; este es un problema si queremos explicar, por ejemplo, en qué casos los procesos de des-idealización son necesarios y en casos pueden no serlo.

Teniendo en cuenta estos aspectos y los aportes de las distintas vertientes, mi intención es señalar el valor que el análisis de las prácticas científicas puede tener para el entendimiento sobre la naturaleza y contribución epistémica de las idealizaciones. El análisis filosófico de las prácticas científicas busca dar cuenta de la ciencia como “avance de conocimiento” al considerar no sólo su contenido finalmente expresado y expresable en teorías científicas, sino aquello que forma las condiciones para que éste conocimiento sea construido y validado. El contenido de la ciencia no sólo está constituido por las teorías que proporcionan conocimiento de los fenómenos empíricos; también está constituido por las formas en que lo explicitado adquiere sentido y es establecido en tanto que científico. Así, las prácticas “más que meras aplicaciones de teorías o meros generadores de evidencia” constituyen, en sí mismas, “recursos explicativos” con los cuales es posible explicar y entender la ciencia, sus formas de obtención y construcción de conocimiento, su contenido articulado en teorías, o en general, la “epistemología científica” (cf. Martínez & Huang, 2011, p. 7-11).

Tomar en serio la noción de práctica científica para el análisis de la idealización significa tomar en cuenta el carácter situado de las idealizaciones, situado en distintas bases epistémicas, esto es, en los contextos y fines epistémicos que guían la práctica científica y en las cuales adquiere sentido sus actividades y resultados. Además, vincular el análisis de las prácticas para el estudio de las idealizaciones también requiere tomar en serio la idea de agencia, y así, considerar de manera importante el papel del investigador como agente activo en la creación y construcción de idealizaciones científicas. Asimismo, requiere que se tenga en cuenta la estructura normativa que define

a las prácticas científicas, la cual puede ser entendida como teniendo lugar en la interacción y dinámica de recursos cognitivos, teóricos, materiales, instrumentales y técnicos que, en conjunto, son articulados para la satisfacción de objetivos específicos en contextos particulares.

Por práctica científica no entiendo procesos rutinarios de acción basados en esquemas especificables de reglas que determinen de forma acontextual un curso de actividad, tampoco considero a las prácticas científicas como actividades que garantizan la resolución de problemas de manera efectiva y fiable. En términos positivos, por práctica científica entiendo procesos dinámicos de interacción con el mundo cuyas estructuras son definidas por la articulación y dependencia entre recursos que permiten la solución de problemas específicos en bases epistémicas determinadas de manera creativa y constructiva. Siguiendo a Rouse (2001) y Martínez (2006), considero que estas prácticas dan lugar a la constitución y producción de conocimiento científico a través de productos que transforman las relaciones materiales y conceptuales de un sistema de conocimiento.

Dada esta caracterización de práctica, la construcción y aplicación de idealizaciones no es concebida como una operación de manipulación de representaciones internas o como la aplicación de un conjunto de reglas metodológicas sobre un fenómeno específico para su investigación. Sino que, en tanto los recursos materiales, instrumentales y tecnológicos juegan un papel en la búsqueda de información y de soluciones pertinentes a cada problemática particular, deben ser también consideradas como partes constitutivas del proceso de construcción y aplicación de idealizaciones involucradas en prácticas científicas. Si consideramos los procesos de idealización como un fruto de la articulación y manipulación de distintos recursos (cognitivos, teóricos, materiales, instrumentales, etc.) para llevar a cabo tareas específicas, entonces no es necesario que las idealizaciones dependan sólo de manipulaciones internas de representaciones o de patrones externos de comportamiento – en forma de método – sino de su integración a través de prácticas.

Dicho de otra manera, el análisis de las prácticas científicas muestra que la integración de instrumentos y recursos materiales es necesaria para llevar a cabo tareas cognitivas como aquellas involucradas en el trato y manejo de situaciones problemáticas. Si los procesos de idealización tienen un lugar en las actividades y habilidades que dirigen la exploración y manipulación material y conceptual de los fenómenos, entonces la articulación de recursos externos en dichos procesos determina de manera importante la manipulación de una situación problemática por idealizaciones debido a que los recursos instrumentales y tecnológicos posibilitan y constriñen las vías de acceso con las cuales se trata y analiza un fenómeno específico en los que se ven involucrados el diseño y uso de idealizaciones.

Estas consideraciones permiten caracterizar la idealización como una forma de abstracción (en tanto actividad cognitiva) que hace uso de distorsiones – a través de simplificaciones, omisiones y manipulaciones fácticas o contrafácticas – de algún objeto, propiedad, comportamiento o situación para solución y entendimiento de problemáticas científicas particulares. No obstante, no todos los procesos de idealización tienen todas las propiedades que he mencionado, más bien, las distintas formas de manipulación conforman una clase o tipo con “parecido de familia”. Aunque muchos de los procesos de idealización hacen uso de estas manipulaciones, diferentes idealizaciones articulan diferentes formas de distorsión dependiendo de la situación problemática tratada y de los objetivos que guían dichos procesos.

Así, la solución de problemas en contextos particulares con fines epistémicos específicos por procesos de creación y aplicación de idealizaciones requiere de la articulación de recursos internos y externos en actividades dinámicas, las cuales benefician y constriñen las soluciones obtenidas. Esta forma de concebir a las idealizaciones en la ciencia evita tratar de definirlas de una manera absoluta, o como si tuviesen una estructura definida en todos los casos en los que operan en la ciencia. Una consecuencia de este planteamiento es que permite determinar los casos en que los procesos de des-idealización pueden o no ser necesarios. En esta medida, el proceso de des-idealización no define lo que las idealizaciones son, sino que es uno de los procesos de los que las idealizaciones puede hacer uso, lo cual depende de su carácter situado en bases epistémicas. El carácter situado de las prácticas en distintas bases epistémicas (o sea, en contextos particulares y a fin de satisfacer logros epistémicos específicos) permite a su vez explicar la pluralidad de procesos y productos de idealizaciones que tienen lugar en distintas disciplinas científicas.

Además, tomar en serio este carácter creativo y constructivo de los procesos de idealización permite entender cómo estos procesos tienen lugar en prácticas desde las cuales es posible generar vías de entendimiento sobre la naturaleza de la situación problemática, las cuales son refinadas, determinadas y expresadas en los productos obtenidos. Los procesos de idealización generan patrones de interacción con el mundo a través de los cuales el agente obtiene entendimiento sobre los fenómenos que busca analizar. No se trata de procesos de investigación lineales determinados sólo por la consecución de un fin, más bien se trata de procesos dinámicos a través de los cuales se exploran y gradualmente se obtiene entendimiento del fenómeno investigado. A este tipo de entendimiento ligado al proceso de modelado Nersessian lo caracteriza como “descubrimiento a través de construcción”, bajo el cual busca expresar la forma en que, “en el proceso de construir y manipular modelos (...) los científicos obtienen novedosas *insight* y entendimiento provisional de los aspectos del fenómeno-objetivo. A través de estas prácticas la ciencia avanza en un dominio en ausencia de lo que es habitual-

mente entendido como ‘conocimiento’” (Nersessian, 2008, p. 206). La manipulación teórica y experimental que el científico realiza sobre su objeto de investigación se va estabilizando progresivamente a través de dichas prácticas.

Si las idealizaciones como producto son pensadas como el resultado de resolución de situaciones problemáticas a través del uso de distorsiones (en la forma de simplificación, omisión y/o uso de contrafácticos) en los que tiene lugar la articulación de distintos recursos, entonces se puede mostrar cómo, y en qué medida, tales productos aumentan y alteran el conocimiento y entendimiento científico que obtenemos del mundo. A través de los procesos de idealización es posible generar formas de manipulación, modificación o construcción de esquemas conceptuales con los cuales se producen nuevas e innovadoras formas de conocer y entender un fenómeno empírico particular. De esta manera, se puede apreciar la vinculación del sentido doble de la idealización: las idealizaciones científicas como producto constituyen innovaciones conceptuales y como proceso tienen lugar en la innovación conceptual. La innovación conceptual lograda por los constructos idealizados, es producto de las prácticas en las cuales éstos son desarrollados.

Como se muestra, parte de la motivación de estas consideraciones puede rastrearse a las concepciones sobre la idealización de las tres vertientes antes mencionadas. Al igual que la primera vertiente, los procesos de idealización tienen lugar en prácticas teóricas y experimentales; la contribución epistémica de las idealizaciones puede ser caracterizada, a grandes rasgos, con la obtención de entendimiento científico (como en la segunda vertiente); y el análisis de la idealización debe incluir consideraciones pragmáticas y contextuales que guían su uso.

No obstante, éstas vertientes son ampliadas cuando se considera: a) que los procesos de idealización y de des-idealización son situados en bases epistémicas, b) que la obtención de entendimiento por idealizaciones no es sólo a partir de sus productos sino también de sus procesos; y c) que la vinculación del análisis de la idealización con el estudio sobre prácticas científicas involucra una dimensión cognitiva y material de la idealización no siempre reconocida. Esto es, de los distintos medios (tanto materiales, visuales como tecnológicos) y modalidades (en términos de diagramas, ecuaciones, formulas o proposiciones, etc.) de los que los procesos de idealización hacen uso y en los cuales son determinados y expresados sus productos. El reconocimiento de estos aspectos tiene como objetivo ampliar y profundizar el análisis de la idealización desde la filosofía de la ciencia beneficiando el entendimiento sobre su naturaleza y rol epistémico en ciencia.

## CONCLUSIONES

En las secciones previas he identificado tres vertientes en el análisis sobre la naturaleza y contribución epistémica de las idealizaciones en la literatura filosófica. La exposición de cada una de ellas sirvió para mostrar las distintas formas en que el análisis de idealizaciones científicas se ha desarrollado, así como los puntos de discusión. A manera de diagnóstico se identificó que estas tres vertientes excluyen de sus análisis el que los procesos de idealización tengan una contribución epistémica relevante en ciencia. Sugerí que esta restricción puede ser solventada al vincular el papel epistémico de los procesos de idealización a las prácticas científicas. De esta manera pretendo mostrar que el estudio sobre la idealización científica no concierne únicamente a las relaciones representacionales entre productos de idealización y fenómenos, sino también a cómo los procesos de idealización – entendidos en una dimensión cognitiva y material – constituyen y facilitan, en sí mismo, un entendimiento sobre los fenómenos investigados. Así, este texto busca nutrir y profundizar el análisis y la discusión sobre la naturaleza y función de la idealización en la ciencia.❷

AGRADECIMIENTOS. Este artículo es parte de mi proyecto de investigación doctoral, en el cual conté con la beca 60307 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Este trabajo no hubiese sido posible sin los valiosos comentarios de mis compañeros en el seminario “Representación y Modelización” de la Universidad Autónoma Metropolitana. Agradezco además a Sergio F. Martínez, Mario Casanueva, Miguel López Paleta, Ximena González y a los dos dictaminadores anónimos por su retroalimentación a borradores previos de este texto.

Mónica AGUILAR MARTÍNEZ

Posgrado en Filosofía de la Ciencia,  
Universidad Nacional Autónoma de México.

*mlivier@filosoficas.unam.mx*

Processes and products:  
nature and epistemic contribution of idealizations in science



## ABSTRACT

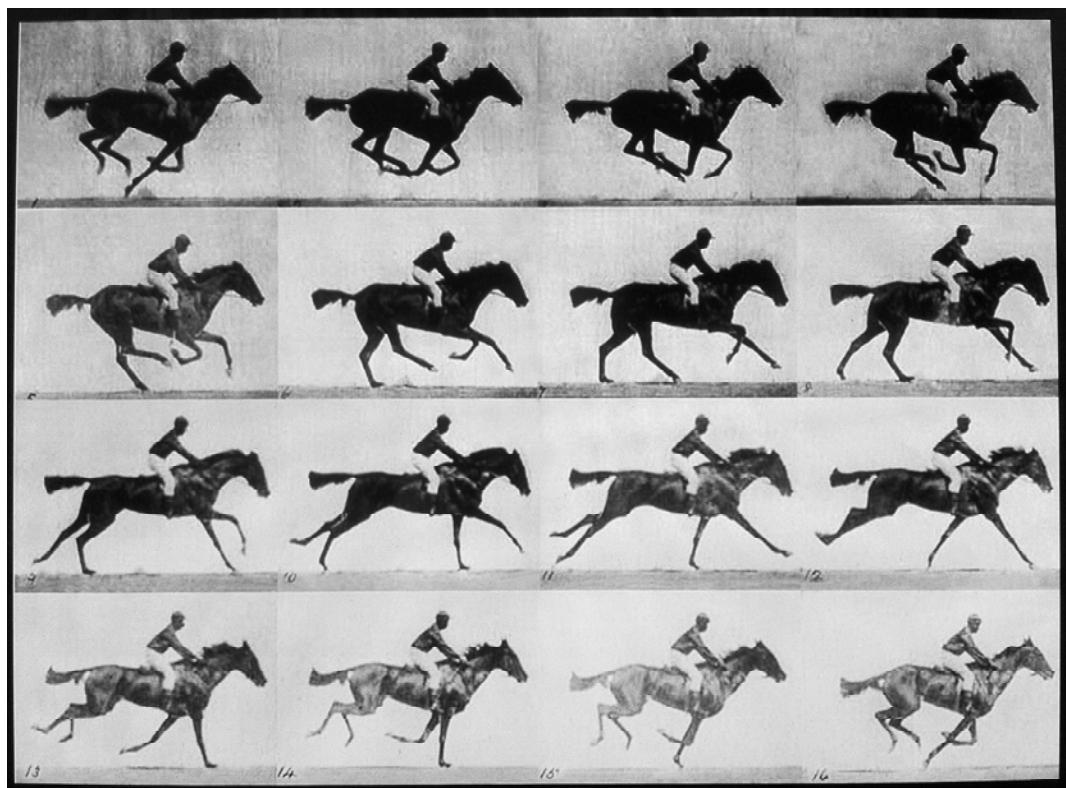
What are scientific idealizations, what is their epistemic contribution to science, and how is it obtained? Along this paper, I introduce three different philosophical analysis of scientific idealization that have been offered as possible answers to the questions presented above. The differences between them consist in the way they understand the role of idealization in the construction of scientific models and the epistemic contribution that they ascribe to scientific models. Nonetheless, a restriction lies to their arguments: although they conceive idealizations in terms of processes, they tend to attribute their epistemic contribution to its products. In the last section of the paper, I argue that in order to recognize the process-based epistemic contribution of idealizations, it is required to seriously take into account the analysis of the scientific practices. That said, from a pluralistic point of view I suggest to regard idealizations as situated in scientific practices, this view may prove useful for their philosophical analysis.

KEYWORDS • Idealization. Models. Representation. Practices. Scientific understanding.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILER-JONES, D. M. When scientific models represent. *International Studies in the Philosophy of Science*, 17, p. 59-74, 2003.
- BATTERMAN, R. Idealization and modeling. *Synthese*, 169, p. 427-46, 2009.
- BOGEN, J. & WOODWARD, J. Saving the phenomena. *Philosophical Review*, 97, p. 303-52, 1988.
- BRZEZINSKI, J. & NOWAK, L. (Ed.). *Idealization III: Approximation and Truth*, Amsterdam: Rodopi, 1992.
- CARTWRIGHT, N. *How the laws of physics lie*. Oxford: Oxford University Press, 1983.
- \_\_\_\_\_. *Nature's capacities and their measurement*. Oxford: Oxford University Press, 1989.
- CARTWRIGHT, N. & JONES, M. (Ed.). *Idealization xii: correcting the model*. New York, Rodopi, 2005.
- CASANUEVA, M. et. al. *El modelo en la ciencia y la cultura*. México: Siglo xxi, 2005.
- DILWORTH, C. (Ed.). *Idealization iv: intelligibility in science*, 1994.
- ELGIN, C. Understanding and the facts. *Philosophical Studies*, 132, p. 33-42, 2007a.
- \_\_\_\_\_. Is understanding factive? In: HADDOCK, A. et al. (Ed.). *Epistemic value*. Oxford: Oxford University Press, p. 322-30, 2007b.
- \_\_\_\_\_. Exemplification, idealization and scientific understanding. In: SUÁREZ, M. (Ed.). *Fictions in science*. London: Routledge, p. 77-90, 2009.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. Idealization in chemistry: pure substance and laboratory product. *Science & Education*, 22, 7, p. 1723-40, 2013.
- FRENCH, S. & LADYMAN, J. Semantic perspective on idealization in quantum mechanics. In: SHANKS, N. (Ed.). *Idealization ix: idealization in contemporary physics*. Amsterdam: Rodopi, 1998. p. 51-74.
- FRIGG, R. Fiction in science. In: WOOD, J. (Ed.). *Fictions and models: new essays*. Munich: Philosophia Verlag, 2010. p. 247-87
- GODFREY-SMITH, P. The strategy of model-based science. *Biology and Philosophy*, 21, p. 725-40, 2006.
- HADDOCK, A. et al. (Ed.). *Epistemic value*. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- KUNUUTILA, T. *Models as epistemic artefacts: toward a non-representationalist account of scientific representation*. Helsinki: University of Helsinki, 2005.
- LAYMON, R. Applying idealized scientific theories to engineering. *Synthese*, 81, 3, p. 353-71, 1989.
- LENHARD, J. Surprised by a nanowire: simulation, control, and understanding. *Philosophy of Science*, 73, 5, p. 605-16, 2006.
- LOVE, A. C. Idealization in evolutionary developmental investigation: a tension between phenotypic plasticity and normal stages. *Philosophical Transactions*, 365, p. 679-90, 2010.

- MAGNANI, L. (Ed.). *Model-based reasoning in science and technology*. Berlin: Springer, 2014.
- MÄKI, U. Isolation, idealization and truth in economics. In: DILWORTH, C. (Ed.). *Idealization iv: intelligibility in science*, 1994. p. 147-68.
- MARTÍNEZ, S. F. The heuristic structure of scientific practice: a non-reductionistic account of practices as heuristic structures. *Chinese Studies in the Philosophy of Science*, 52, 2, p. 1-23, 2006.
- MARTÍNEZ, S. F. et. al. (Ed.). *Historia, prácticas y estilos en la filosofía de la ciencia hacia una epistemología plural*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana, 2011.
- MARTÍNEZ, S. F. & XIANG H. Introducción: hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas. MARTÍNEZ, S. F. et. al. (Ed.). *Historia, prácticas y estilos en la filosofía de la ciencia hacia una epistemología plural*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana, 2011. p. 5-63.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. *Hacia una filosofía de la ciencia centrada en prácticas*, México: Instituto de Investigaciones Filosóficas-Universidad Nacional Autónoma de México/Bonilla Artiga Editores, 2015.
- McMULLIN, E. Two ideals of explanation in natural science. *Midwest Studies in Philosophy*, 9, 1, p. 205-20, 1984.
- \_\_\_\_\_. Galilean idealization. *Studies in History and Philosophy of Science*, 16, 3, p. 247-27, 1985.
- MIZAHI, M. Idealization and understanding. *Philosophical Studies*, 160, 2, p. 237-52, 2011.
- MORGAN, M. & MORRISON M. *Models as mediators*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- MORRISON, M. Approximating the real: the role of idealizations in physical theory. In: CARTWRIGHT, N. & JONES, M. (Ed.). *Idealization xii: correcting the model*. New York, Rodopi, 2005. p. 145-172.
- NERSESSIAN, N. *Creating scientific concepts*. Massachusetts: The MIT Press, 2008.
- NOWAK, L. Galileo of the social sciences. *Revolutionary World*, 8, p. 5-11, 1974.
- \_\_\_\_\_. The idealizational approach to science: a survey. In: BRZEZINSKI, J. & NOWAK, L. (Ed.). *Idealization III: Approximation and Truth*, Amsterdam: Rodopi, 1992. p. 9-63.
- NOWAK, L. & NOWAKOWA, I. *Idealization x: the richness of idealization*. Amsterdam: Rodopi, 2000.
- PORTIDES, D. *How scientific models differ from works of fiction*. In: MAGNANI, L. (Ed.). *Model-based reasoning in science and technology*. Berlin, Springer, 2014. p. 75-87.
- POTOCHEK, A. The diverse aims of science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 53, p. 71-80, 2015.
- ROUSE, J. Two concepts of practice. In: SCHATZKI, T.; KNORR-CETINA, K. & VON SAVIGNY, E. (Ed.). *The practice turn in contemporary theory*. London: Routledge, 2001. p. 189-98.
- \_\_\_\_\_. *How scientific practices matter: reclaiming philosophical naturalism*. Chicago: University Chicago Press, 2002.
- \_\_\_\_\_. Laboratory fictions. In: SUAREZ, M. (Ed.). *Fictions in science. Philosophical essays on modelling and idealization*. London: Routledge, 2009. p. 37-55.
- SCHATZKI, T.; KNORR-CETINA, K. & VON SAVIGNY, E. (Ed.). *The practice turn in contemporary theory*. London: Routledge, 2001.
- SHANKS, N. (Ed.). *Idealization ix: idealization in contemporary physics*. Amsterdam: Rodopi, 1998.
- SUÁREZ, M. (Ed.). *Fictions in science. Philosophical essays on modelling and idealization*. London: Routledge, 2009.
- SUPPE, F. *The semantic view of theories and scientific realism*. Chicago: University of Illinois Press, 1989.
- SUPPES, P. Models of data. In: NAGEL, E. et al. (Ed.). *Logic, methodology and philosophy of science*. Stanford: Stanford University Press, 1962. p. 252-61.
- TURNER, S. Practice then and now. *Human Affairs*, 17, 2, p. 110-25, 2007.
- WEISBERG, M. Three kinds of idealization. *The Journal of Philosophy*, 104, p. 639-59, 2007.
- WOOD, J. (Ed.). *Fictions and models: new essays*. Munich: Philosophia Verlag, 2010.
- van Fraassen, B. C. *Scientific representation: paradoxes of perspective*. Oxford: Oxford University Press, 2008.



Serie de imágenes fijas sucesivas que aparentan el movimiento de objetos estáticos, la cual constituyó una de las primeras técnicas para realizar filmaciones. “La carrera de caballos” fue la primera representación filmica nunca antes realizada en 1887 por Eadweard Muybridge. Disponible en: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/file/Muybridge\\_race\\_horse\\_gallop.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/file/Muybridge_race_horse_gallop.jpg)>.



# Las imágenes como herramientas epistémicas

*Axel Arturo BARCELÓ*



## RESUMEN

El objetivo de este artículo es establecer algunas distinciones fundamentales para el estudio de las representaciones epistémicas, y en particular, de las representaciones epistémicas visuales. Para ello, presento tres distinciones estrechamente relacionadas: La primera es una distinción entre las restricciones impuestas a una herramienta por la tarea (que se busca nos ayude a realizar), y aquellas impuestas por nuestras características como usuarios. La segunda es una distinción entre la función estrecha de una representación (que no es sino representar) y su objetivo más amplio, el cual puede ser epistémico, estético, litúrgico etc. La tercera es una distinción entre la interpretación y la aplicación de una representación, es decir, entre determinar cómo las cosas son de acuerdo a la representación, y determinar si realmente las cosas son como son representadas. Ilustro la utilidad de estas distinciones aplicándolas a un par de ejemplos: un caso de “final de fotografía” y un diagrama en geometría euclíadiana.

**PALABRAS-CLAVE** • Representación. Diagramas euclídeos. Final de fotografía. Imágenes científicas. Interpretación. Ergonomía. Fotografía. Modelos. Representación pictórica. Inferencia visual.

## INTRODUCCIÓN

Muchas de las discusiones filosóficas actuales sobre representación científica, argumentación visual, comunicación no verbal etc. están plagadas de confusiones que podrían evitarse fácilmente si se pusiera más esfuerzo en trazar algunas distinciones fundamentales. Por ejemplo, me parece fundamental establecer las siguientes tres distinciones. Primero, hay que hacer una distinción clara entre dos fuentes de restricciones que definen el diseño de una herramienta: aquellas que responden a la tarea que pondremos a la herramienta a realizar y aquéllas que le impone su usuario. Esta distinción no es específica de las representaciones visuales o incluso de las representaciones en general, sino que se aplica a cualquier tipo de herramienta. Será una de mis hipótesis de trabajo que es provechoso pensar en las representaciones como un tipo particular de herramientas, por lo que esta distinción se aplica a ellas también. La segunda es una distinción entre la función estrecha de una representación – es decir, su representar algo – y su propósito más amplio, el cual podría ser epistémico,

estético etc. Por último, la tercera es una distinción que se aplica principalmente a lo que llamaré representaciones epistémicas, es decir, al tipo de representaciones que desarrollamos y utilizamos para alcanzar nuestros objetivos epistémicos. Esta es la distinción entre interpretar y aplicar una representación. Interpretar una representación es determinar su contenido, es decir, inferir, a partir del aspecto de la representación (y otra información contextual) cómo son las cosas según ella, mientras que aplicar una representación es inferir a partir de cómo son las cosas de acuerdo a una representación (y otra información contextual) cómo son las cosas realmente. Ilustro la utilidad de estas distinciones mediante su aplicación a un par de ejemplos: un caso de final de fotografía y un diagrama de la Geometría Euclidiana.

## 1 REPRESENTACIONES COMO HERRAMIENTAS

Cuando usamos una representación para realizar una inferencia – por ejemplo, cuando usamos un diagrama para probar un resultado geométrico, una fotografía para respaldar una afirmación empírica, una caricatura para argumentar en contra de una posición política etc. –, utilizamos la representación como herramienta para realizar una tarea. Como tal, puede ser fructífero situar nuestras teorías de las representaciones epistémicas dentro del marco de las herramientas y su filosofía. En este sentido, las representaciones no son muy diferentes de otras herramientas como martillos, tractores o lámparas. Para explicar cada uno de estos objetos, es decir, para explicar por qué existen, y por qué son como son, hay que relacionarlos con su función, es decir, con el papel que desempeñan en la realización de las tareas particulares que nos ayudan a ejecutar. Por ejemplo, es imposible explicar los tractores sin hablar del arado y la agricultura. De un modo similar, para explicar por qué los martillos son como son, es imposible no tomar en cuenta su función. Sería imposible explicar por qué un martillo tiene la forma que tiene y está hecho del material que está hecho, sin mencionar para qué sirve. Consideren los mangos del martillo. ¿Por qué son tan largos como son? ¿Por qué no son más cortos? La explicación es simple una vez que nos damos cuenta de que los martillos, cuando se usan para introducir clavos, trabajan como palancas de tercera clase. En palancas de este tipo, el esfuerzo se coloca entre la carga y lo que se llama el “*fulcrum*”. En el caso de los martillos, la muñeca humana sirve como *fulcrum*, el esfuerzo se aplica a través de la mano y la resistencia del material en el que se clava es la carga. Para que palancas de tercera clase puedan ser de alguna utilidad, el esfuerzo debe recorrer una distancia corta y ser superior a la carga. Por lo tanto, un mango de una longitud más corta de la tradicional no potenciaría el esfuerzo lo suficiente como para introducir fácilmente el clavo en su lugar. En otras palabras, los martillos con

mangos más cortos no serían capaces de cumplir su función y, en consecuencia, serían inútiles.

Es también casi imposible explicar por qué nuestras herramientas son la manera que son, independientemente de la forma en que somos nosotros mismos. Es una perogrullada decir que un martillo para alienígenas probablemente sería muy distinto a un martillo humano. Las bases de los mangos de martillo son ovaladas y no cuadradas o rectangulares, por ejemplo, porque las esquinas los harían incómodos para las manos humanas, mientras que los mangos ovales proporcionan un confort óptimo y evitan lesiones y estrés. Un martillo con un mango cuadrado podría ser tan eficaz para introducir clavos como lo son los martillos con mangos ovalados; sin embargo, sería menos ergonómico. En general, al explicar las características de nuestras herramientas, a veces no es suficiente apelar a la función de la herramienta, sino también es necesario mencionar quién lo usará: No tiene sentido tratar de explicar por qué los martillos tienen la forma y dimensión que tienen sin hacer referencia al tamaño de nuestros brazos y manos. Incluso si alienígenas hubiesen desarrollado martillos, es muy poco probable que éstos tuvieran formas similares a las de los nuestros si ellos mismos no fueran también similares a nosotros en forma y fisiología.<sup>1</sup> Por lo tanto, así como las tareas restringen el tipo de objeto que se puede utilizar para llevarlas a cabo, nosotros como usuarios también restringimos qué tipo de herramientas podemos utilizar con eficacia y eficiencia.

Nótese que esta distinción es principalmente una distinción en los factores que dan forma a nuestra tecnología, no una distinción de características. No estoy afirmando que algunas de las características de las herramientas se explican apelando a las tareas y otras apelando a los usuarios. Factores relacionados con las tareas podrían pesar más en la explicación de algunas características y factores relacionados con el usuario podrían ser más importantes en la explicación de otras, pero lo más probable es que la mayor parte de las características de nuestras herramientas sean el resultado de la influencia de factores de ambos tipos. En general, nuestra tecnología está fuertemente moldeada, entre otros factores, por la forma en que somos sus usuarios y lo que podemos hacer o no, así como qué metas deseamos lograr a través del uso de dichas herramientas. Esto no debe ser objeto de controversia.

Las representaciones son herramientas. Al igual que los martillos, también son dispositivos que usamos para realizar ciertas tareas. Las representaciones nos ayudan a comunicarnos, sí, pero también nos ayudan a entender y navegar en el mundo, a trabajar y a jugar, a hacer el arte y la guerra etc. Casi toda actividad humana explota algún tipo de representación para hacer nuestras tareas más fáciles, simples, divertidas, be-

<sup>1</sup> Por supuesto, no estoy afirmando que estos son los únicos dos factores que configuran una tecnología. Sin embargo, son estos dos tipos de factores que serán importantes para nuestros objetivos en este artículo.

llas etc. Como tales, nuestras teorías de la representación no deben ser muy diferentes de nuestras teorías sobre otras herramientas humanas. En particular, al explicar por qué nuestras representaciones son la manera que son, hay que tener en cuenta para qué las desarrollamos, así como la forma en que se ajustan a nuestra condición humana, a nuestras fortalezas y debilidades. Al igual que es una perogrullada decir que un martillo para alienígenas probablemente sería muy distinto de un martillo humano, las representaciones alienígenas también serían probablemente muy distintas de las representaciones humanas.

Algunas personas podrían pensar que es un error hablar de los usos de la representación en plural. Después de todo, podría parecer que para que algo sea una representación, no debe cumplir sino una sola función fundamental, a saber, *representar*. Todas las representaciones se utilizan para representar, y cualquier cosa que se utiliza con un propósito distinto no podría ser una representación (cf. Sherry, 2009; Giardino, 2012; Knuutila, 2011). Hay algo de razón detrás de esta crítica, y por ello cuando se habla de los usos de las representaciones, hay que tener en cuenta tanto su función estricta –representar– como los múltiples y más amplios roles que cumplen en nuestras vidas. Por ejemplo, los iconos fuera de los baños públicos segregados por sexo tienen la función de representar a un hombre y a una mujer; pero también debe ser obvio que están allí con el propósito de ayudar a los usuarios a identificar cuál baño está asignado a cada sexo. La primera función –la de representar los dos性os– es su función figurativa estricta, mientras que el segundo es su propósito más amplio. La mayoría, si no todas las representaciones tienen un propósito que va más allá de simplemente representar algo. Haciendo eco de la máxima de John L. Austin, podemos decir que hay muchas cosas que hacemos con las representaciones, además de representar.

La importancia de considerar el objetivo más amplio de las representaciones, en lugar de enfocarse sólo en su función figurativa estrecha debe ser obvia una vez que consideramos ejemplos específicos. Por ejemplo, debe ser incontrovertible que cualquier análisis de las obras de arte figurativo que se ocupe sólo de su contenido figurativo –es decir, de qué representan – sin tener en cuenta su finalidad artística, sería severamente miope. Algo similar puede decirse de las imágenes de propaganda política: su sentido depende no sólo de su contenido figurativo, sino también de sus objetivos políticos. No tomar en cuenta ambos nos dejaría con una imagen muy limitada de su naturaleza.

Por otra parte, hay que recordar que para cumplir con su función figurativa, las representaciones deben insertarse en un contexto participar de uso, el cual muchas veces es comunicativo (cf. Eraña & Barceló, 2017). Esto significa que, muchas veces, el funcionamiento de la representación involucra al menos dos tipos de usuarios: transmisores y receptores. En cierto sentido, ambos son usuarios de la representación, y las

representaciones exitosas deben satisfacer las necesidades de ambos de una manera eficiente, es decir, sin desperdiciar demasiados recursos. Así, continuando con el ejemplo anterior, con el fin de explicar por qué los iconos de los baños son de la manera en que son, a veces puede ser que se necesite apelar a su función figurativa (representar un hombre y una mujer), y otras veces a su propósito más amplio (ayudar a identificar los baños para hombres y para mujeres); puede ser que a veces necesitemos apelar a la forma en que toman en cuenta las necesidades y limitaciones de aquellos a los que les podría servir la información de cual baño es para hombres y cual es para mujeres y otras veces, a las de aquellos que buscan comunicarles esta información. Por ejemplo, para dar cuenta de por qué la parte central de las figuras en los baños de mujeres es trapezoidal (en contraste con la forma rectangular de las figuras correspondientes en los baños de hombres), probablemente sea necesario mencionar que dichas figuras buscan representar una persona usando falda, y luego explicar por qué, a pesar de que no todas las mujeres usan faldas, ni todos los que usan falda son mujeres, el público al que van dirigidas estas imágenes asocia el uso de faldas con las mujeres. También será necesario explicar cómo el uso de estas imágenes explota dicha asociación entre mujeres y faldas para comunicar información sobre quién debe usar cada baño.

No espero que estos sencillos ejemplos ilustren completamente la importancia teórica de hacer estas distinciones. Por el contrario, el objetivo principal de este artículo es ilustrar dicha importancia mediante el desarrollo detallado de un par de ejemplos. En particular, voy a tratar con un subconjunto particular de representaciones que han atraído mucho interés filosófico en las últimas décadas, especialmente en la filosofía de la ciencia: las así-llamadas representaciones epistémicas, es decir, representaciones que nos ayudan en tareas tales como obtener nuevos conocimientos, hacer inferencias etc. En lo que sigue, voy a tratar de mostrar que, cuando se trata de representaciones de este tipo, puede ser útil distinguir entre la cuestión de cómo nuestros objetivos epistémicos dan forma a las representaciones que utilizamos, y la cuestión de cómo estas representaciones se complementan, explotan, y extienden nuestras capacidades cognitivas – lo que voy a llamar su dimensión ergonómica. En otras palabras, cuando se trata de representaciones epistémicas exitosas, la pregunta de por qué las usamos implica dos cuestiones diferentes pero estrechamente relacionadas: en primer lugar, ¿por qué es ventajoso para nosotros usarlas?, y en segundo lugar, ¿por qué estamos justificados en hacerlo? Debemos determinar tanto lo bien que la representación se ajusta a la tarea, como lo bien que se ajusta a nosotros; tenemos que evaluar tanto su eficiencia como su eficacia. No hace falta decir que los filósofos se han centrado casi exclusivamente en su valor estrechamente epistémico y han ignorado la también importante dimensión ergonómica. Espero con este texto, empezar a revertir esta tendencia.

## 2 FOTOGRAFÍAS COMO REPRESENTACIONES EPISTÉMICAS

En 2007, en uno de los momentos más dramáticos en los deportes de invierno, el biatlonista francés Raphaël Poirée participó en lo que había anunciado públicamente sería la última competencia de su ilustre carrera: la carrera de salida en masa de la Copa Mundial de Holmenkollen. Sin embargo, mientras cruzaba la línea de meta, su viejo contrincante Ole Einar Bjørndalen, de Noruega, se mantenía corriendo a su lado. Afortunadamente, la cámara de la meta había fotografiado los momentos finales de la carrera. A partir de estas fotos, el jurado determinó que Poirée no pudo terminar su carrera con una victoria, pues Einar Bjørndalen había cruzado la línea apenas instantes antes que el francés.

Además de su carácter dramático, el episodio antes descrito es de interés filosófico porque ilustra muy bien el papel central que desempeñan representaciones como las fotografías en la obtención de conocimiento. En este respecto, lo que nos interesa como filósofos es determinar qué ventajas epistémicas obtenemos con el uso de representaciones, y por qué estamos justificados a hacerlo. En otras palabras, ¿por qué, para llegar a ciertas conclusiones sobre ciertos aspectos del mundo, en lugar de observar directamente aquello que nos interesa, preferimos usar representaciones? y cuando las usamos, ¿por qué aceptamos las conclusiones que alcanzamos a través de ellas? es decir, ¿por qué les creemos? Por ejemplo, ¿por qué los jueces de Holmenkollen tuvieron que usar una fotografía para determinar quién ganó la carrera, cuando sucedió justo delante de sus propios ojos?, y en segundo lugar, ¿por qué confiar en que ella nos dirá quién ganó realmente? Cada pregunta requiere un tipo diferente de respuesta. Responder a la primera pregunta probablemente requeriría decir algo acerca de los límites de nuestro sistema perceptual y por qué no somos capaces de detectar a simple vista pequeñas diferencias que suceden muy rápido frente a nosotros etc. En contraste, dar respuesta a la segunda pregunta requeriría decir algo acerca del proceso causal detrás de la fotografía y quizás también algo acerca de la ubicación de las cámaras en relación con la línea de meta.

Para ilustrar la diferencia entre ambas preguntas, profundicemos en lo que ocurrió ese día en Holmenkollen y tratemos de extraer un patrón general que podamos generalizar a otros usos similares de representaciones. En un primer lugar, existe una situación de la que queremos obtener cierta información, en este caso, la carrera de esquí. Además, hay algo que queremos saber acerca de ella, a saber, quién cruzó la línea en primer lugar. Con el fin de responder a esta pregunta, producimos una representación de la situación: una que no la representa en su totalidad, pero sí representa (al menos algunos de) sus aspectos relevantes de una forma manejable (o, por lo menos, más manejable de lo que serían si no usáramos la representación). Lo que quere-

mos es una representación que contenga suficiente información relevante, sin añadir demasiado ruido (es decir, sin incluir demasiados elementos irrelevantes o confusos). Solo así podemos responder nuestra pregunta original a través de la extracción de información de la representación. En nuestro ejemplo, respondemos nuestra pregunta sobre (lo que no pudimos ver en) la carrera – ¿quién cruzó la línea primero? – a partir de (lo que sí podemos ver en) la fotografía quién se ve cruzar la línea primero en ella.<sup>2</sup> Si el sistema funciona correctamente, la información que obtengamos de la representación nos dará la respuesta correcta a esa pregunta (cf. Barwise, 1993; Suárez, 2004).

Al usar la imagen para obtener información acerca de la carrera, realizamos dos diferentes – e igualmente importantes – inferencias: la *interpretación*, que va de las características de la imagen a lo que la imagen representa, y la *aplicación*, que va de lo que la imagen representa a la manera en que el mundo es. En el primer tipo de inferencias, partimos de información sobre la imagen – principalmente, cómo se ve, pero también cuál es su contexto (cf. Barceló, 2012) – y llegamos a información sobre su contenido, es decir, sobre cómo es el mundo *según* la representación. Por ejemplo, a partir del patrón de colores y formas que se muestra en la fotografía (además de información sobre cuándo y cómo se tomó la foto, quiénes estaban corriendo y cómo se veían etc.) concluimos que, en la imagen, se ve a Bjørndalen cruzar la línea de meta antes que Poiré.

Para interpretar una imagen, a veces, lo único que necesitamos es verla. Otras veces, sin embargo, extraer la información que necesitamos no es tan sencillo, y se hace necesaria cierta manipulación de la representación. Por ejemplo, en situaciones de final de fotografía, es una práctica común dibujar sobre la fotografía una serie de líneas, paralelas a la línea de meta, que marquen el borde de cada corredor más cercano a la línea de meta. Así es más fácil ver quién cruza la línea primero. En otros casos – tal vez la mayoría – es necesario también combinar la información que provee la representación con cierto conocimiento previo sobre la propia situación representada. Cuando se utiliza un mapa para conducirse por una ciudad, por ejemplo, es habitualmente necesario hacer coincidir la información del mapa con la información disponible en el contexto de uso para determinar qué ruta tomar, o incluso para identificar dónde se encuentra uno. En otras palabras, muchas veces, la interpretación de una imagen suele requerir un ir y venir entre la representación y el mundo.

Una vez que hemos interpretado la imagen y sabemos lo que representa, es necesario luego determinar si el mundo es de hecho como la imagen lo representa.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> O, para ser más precisos, si la parte de la imagen que representa el pie de uno de los esquiadores toca la parte de la foto que representa la línea de meta, mientras que la parte que representa el pie del otro esquiador no lo hace.

<sup>3</sup> A veces, lo que necesitamos no es resolver cuestiones sobre el mundo real, sino más bien, sobre situaciones hipotéticas, o ficticias, o idealizadas etc. Sin embargo, el proceso es básicamente el mismo. Por ello, y por razones de

Para esto, una vez más, es esencial apelar a información contextual sobre la representación y la manera en que se ha creado. Continuando con el ejemplo de lo que sucedió en Holmenkollen, si confiamos en la fotografía, podemos concluir que Bjørndalen efectivamente cruzó la línea de meta antes que Poirée, no sólo de acuerdo a la imagen, sino también *en el mundo real*. En este sentido, la imagen no sólo representa Bjørndalen superando a Poirée, sino que *lo muestra*. A esto es a lo que he llamado *aplicar la representación al mundo*.

En general, cuando usamos una representación para obtener información sobre el mundo, tenemos que realizar ambos tipos de inferencias: interpretación y aplicación. Después de todo, la información contenida en una representación es inútil si no se extrae de ella y se aplica al mundo. Cada uno de estos dos pasos corresponde a lo que he identificado antes como la función estrecha y el objetivo más amplio de una representación epistémica, respectivamente. Recordemos que una representación epistémica tiene como función estrecha representar algo y como su objetivo más amplio obtener información sobre el mundo. Como he insistido, ambos factores son igualmente fundamentales.

A pesar de que la mayoría, si no todas las representaciones tienen una función secundaria además de representar, sólo algunos de ellas tienen una función secundaria epistémica. Para éstas, tiene sentido preguntarse si se puede confiar en ellas, es decir, si podemos dar por sentado que la información que nos ofrecen es fiel, precisa y útil. Presumiblemente, esta misma pregunta es irrelevante para otros tipos de representaciones hechas con diferentes propósitos, tales como obras de arte surrealistas o motivos decorativos. No tiene mucho sentido preguntarse, por ejemplo, si el estampado de una camisa hawaiana representa fielmente la flora y fauna de dicha región. Asimismo, diferentes representaciones se interpretan de manera distinta. Cómo interpretamos un texto es significativamente diferente a la forma en que interpretamos un mapa o cómo un radiólogo interpreta una imagen de rayos X. Igualmente, confiamos en diferentes tipos de representaciones epistémicas por diferentes razones. Confiamos en lo que vemos en una fotografía tomada por nosotros mismos por razones distintas que aquellas por las que confiamos en los mapas que encontramos en un atlas o por las que confiamos en lo que nos dice la pantalla de un GPS. Cuando se habla de imágenes, la diversidad es la norma.

En todos los casos, el proceso involucrado en el uso de una representación de este tipo (epistémico) es bastante complejo: implica, no sólo la creación de la representación, sino también su interpretación, manipulación, aplicación y evaluación. Todo

simplicidad, voy a seguir escribiendo como si nuestro uso epistémico de representaciones siempre tuviera como objetivo obtener información factual sobre el mundo.

esto para llevar a cabo una inferencia que, al menos en principio, podría haberse realizado de manera más directa, es decir, sin pasar por el intermediario de la representación. Después de todo, tiene sentido utilizar una representación para hacer una inferencia sólo cuando su uso tiene alguna ventaja, en perspicacia, certeza, accesibilidad etc. Esto significa que lo que hace que una representación sirva para realizar cierta inferencia no es sólo su precisión al representar su objetivo o su fiabilidad en la producción de inferencias válidas, sino también su utilidad: su maleabilidad, accesibilidad, claridad etc. Como ya he mencionado, una buena representación epistémica es la que nos ayuda a alcanzar nuestros fines epistémicos. En otras palabras, no sólo debe ser eficaz al darnos la información que necesitamos, sino que también debe hacerlo de una manera eficiente; como tal, debe permitirnos superar nuestras limitaciones y sacar partido de nuestras capacidades (cf. Giardino, 2012; Kulwicki, 2010; Blackwell, 2008). Por ejemplo, una representación nos puede permitir ver lo que no podríamos de otra manera, como la fotografía en Holmenkollen permitió a los jueces ver algo –el último instante de la carrera– que les era imposible ver de otra manera, a pesar de que ocurrió justo delante de sus propios ojos. En este sentido, se puede decir que la fotografía amplía las capacidades de nuestros ojos (cf. Canales, 2009).

### 3 DIAGRAMAS GEOMÉTRICOS COMO REPRESENTACIONES EPISTÉMICAS

Permitanme pasar ahora a un ejemplo diferente: los diagramas geométricos puros.<sup>4</sup> Mi opinión es que, respecto a las consideraciones anteriores por lo menos, los diagramas geométricos no son muy diferentes de otras representaciones epistémicas: se usan para adquirir conocimiento geométrico que sería difícil –si no es que imposible– obtener sólo pensando directamente sobre los objetos geométricos (cf. Novaes, 2013; Macbeth, 2014). Una vez más, existe una situación de la que queremos obtener cierta información, sólo que en este caso, la situación es geométrica. Con el fin de obtener esta información, producimos un diagrama que no representa la situación geométrica en su totalidad, pero sí representa al menos algunos de sus aspectos relevantes de una forma manejable (o, por lo menos, más manejable de lo que sería si no usáramos el diagrama). A veces, con el fin de obtener el resultado que queremos, sólo necesitamos analizar el diagrama, aunque la mayoría de veces es necesario transformarlo hasta que el resultado deseado sea visible (cf. Hintikka & Remes, 1974; Mumma, 2012). Solo así

<sup>4</sup> El adjetivo “puros” significa que se excluyan los diagramas de geometría diferencial o algebraica como los desarrollados por David Mumford (1999). A partir de ahora, cuando hable de los diagramas geométricos me referiré a este tipo de diagramas exclusivamente.

podemos obtener información geométrica abstracta a partir de la observación, el análisis y la manipulación de un diagrama. Si estoy en lo cierto en este respecto, los diagramas geométricos no son muy distintos de otras representaciones epistémicas.

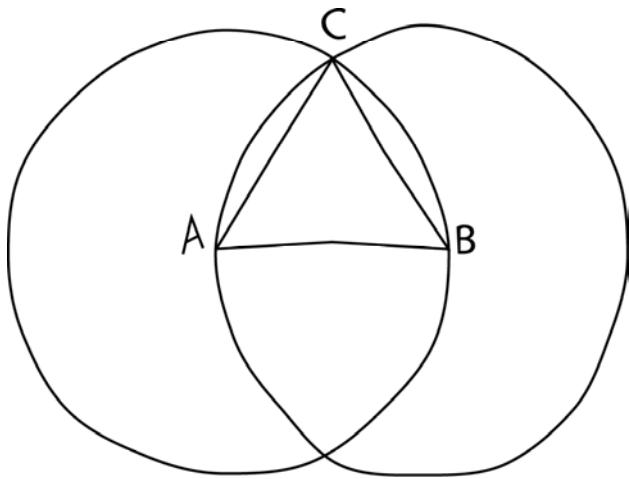


Figura 1. Euclides I.1.

Aspectos lógicos o epistémicos de la prueba diagramática tiene pocos recursos con que responderlas. Está claro que podríamos haber hecho el segmento de línea más corto o más largo; vertical, horizontal o en un ángulo, y la validez lógica de la prueba no habría cambiado (cf. Manders, 2008; Mumma, 2010). Sin embargo, no lo hacemos. Sabemos que si dibujamos el segmento de línea demasiado corto o demasiado largo, los diagramas perderían, no su validez, pero sí su utilidad. Necesitamos que el diagrama sea interpretable y manejable por nosotros, seres humanos, y eso añade restricciones adicionales a la mejor manera de representar, por ejemplo, un segmento de línea.

Una vez que el segmento de línea está en su lugar, con el fin de identificarlo en la prueba y en el diagrama, se utilizan dos índices. Escribimos una letra “A” en uno de sus extremos y una “B” en el otro. Utilizamos estos índices para identificar, en la parte textual de la prueba, tanto los extremos del segmento de línea como al segmento mismo. Estos índices son esenciales para la interacción entre diagrama y texto (cf. Netz, 1998). Dado que el objetivo es dibujar un triángulo equilátero cuyos lados sean de la misma longitud que el segmento  $AB$  recién dibujado, sabemos que uno de los aspectos que serán relevantes sobre el segmento  $AB$  será su longitud; pero en esta etapa de los *Elementos*, sabemos muy poco sobre longitudes. Sabemos, por ejemplo, que los radios de un círculo son todos de la misma longitud. Y también sabemos que, dado un segmento de línea recta, podemos construir un círculo que tenga tal segmento de línea

Veamos un ejemplo sencillo: el famoso diagrama usado en la prueba de Euclides I.1. para la construcción de un triángulo equilátero a partir de un segmento de recta dado (ver fig. 1). El primer paso es representar diagramáticamente el segmento de línea dado. Esto se logra dibujando un segmento de línea horizontal corta, y más o menos recta. ¿Por qué hacemos esto? Uno podría pensar que es fácil ver por qué el segmento de línea tiene que ser más o menos recto, pero ¿por qué horizontal? ¿y por qué corto? Una buena teoría de diagramas geométricos debería ser capaz de responder a estas preguntas. Desafortunadamente, una teoría que sólo se ocupe de los as

como radio. Así, podemos utilizar esta información para enriquecer nuestro diagrama. Lo hacemos mediante el trazado de una curva más o menos circular con el punto *A* más o menos en su centro y el punto *B* sobre su perímetro. Al igual que no es necesario dibujar un segmento de línea perfectamente recto para representar un segmento de línea recta, así tampoco necesitamos dibujar un círculo perfecto para representar uno. Simplemente tiene que ser lo suficientemente similar. Y podemos hacer lo mismo en el otro extremo. Como es bien sabido, las curvas resultantes se cortan en dos puntos, uno por encima del segmento *AB* y otro por debajo. Tomemos uno de estos puntos. Una vez más, no hay ninguna diferencia lógica entre cuál de ellos se tome, pero por lo general se toma el de arriba. Una vez más, esta es una característica del diagrama que no puede explicarse desde un punto de vista puramente lógico o epistemológico. La explicación ha de tener en cuenta nuestras características cognitivas, como el hecho de que preferimos nuestros triángulos apuntando hacia arriba (Friedenberg, 2012). La diferencia no es lógica, sino ergonómica (ver fig. 2).

Tomamos este punto, lo etiquetamos con una letra “*C*” y dibujamos un segmento de línea más o menos recto desde él hasta el punto *A*, y otro segmento de línea desde él al punto *B*. La figura resultante se ve más o menos como un triángulo, y representa uno. ¿Cómo sabemos que es equilátero? No porque podamos ver que sus lados son más o menos de la misma longitud (cf. Manders, 2008), ya que nuestra capacidad de comparar longitudes visualmente no es nada fiable (cf. Sedgwick, 1986; Gogel, 1990), sino que lo sabemos porque lo probamos. Y esta prueba se lleva a cabo tanto en la página, como en el diagrama. Sabemos que el segmento *AB* y *BC* son de la misma longitud, no sólo por lo que vemos en la figura, sino porque ambos son radios de un mismo círculo. Sabemos que *AB* es un radio del círculo con centro en *A*, porque así es como hemos construido el círculo, y sabemos que *AC* es también un radio de este mismo círculo porque es así como construimos el punto *C*. Una línea simétrica de razonamiento nos lleva al conocimiento de que *CB* es también de la misma longitud que *AB*. Por transitividad, obtenemos que *AB*, *BC* y *AC* son todos de la misma longitud y, por consiguiente, el triángulo *ABC* es equilátero.

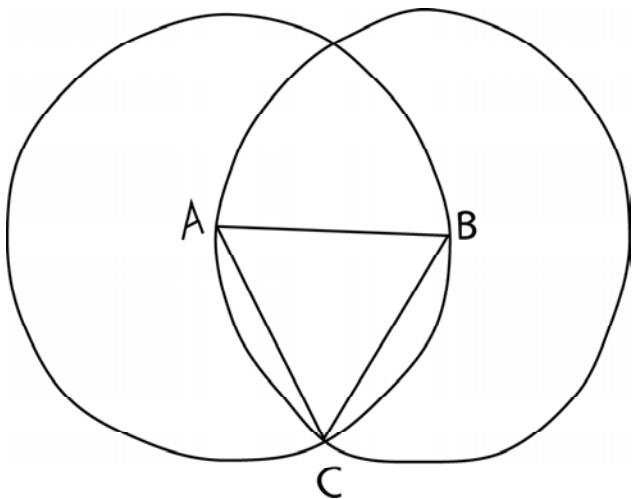


Figura 2. Inverso de Euclides I.1.

Si estoy en lo cierto, una filosofía adecuada del razonamiento diagramático en la geometría debe abordar no sólo la cuestión de por qué (y cuándo) son los diagramas puramente geométricos un medio fiable para hacer inferencias sobre el reino geométrico (cf. Mumma, 2010; Krummheuer, 2009; Kulpa, 2009; Brown, 2008; Guiaquinto, 2007; Lomas, 2002; Norman, 2006; Shimojima, 1996), sino también por qué son útiles para hacerlo. Algunas características de los diagramas pueden explicarse mejor apelando a criterios epistémicos y otros a criterios ergonómicos. A veces, lo importante será determinar cómo cierta propiedad de los diagramas contribuye a la validez (o falta de validez) de la prueba en la que ocurre, mientras que en otras ocasiones puede requerirse tomar en cuenta también nuestra constitución cognitiva y cómo ésta afecta la manera en que interpretamos imágenes, en general, y diagramas en particular. En otras palabras, cualquier análisis comprehensivo de los diagramas debe reconocer la importancia tanto de los factores lógicos como de los ergonómicos. En otras palabras, debe ser consciente de que nuestros diagramas geométricos son como son, en parte por como son los objetos matemáticos que representan, y en parte por cómo somos los matemáticos que los usamos.

Veamos otros dos ejemplos para ilustrar la diferencia entre estos dos tipos de factores. En primer lugar, consideremos los diagramas de la figura 3 que representan las relaciones lógicas entre tres conjuntos:

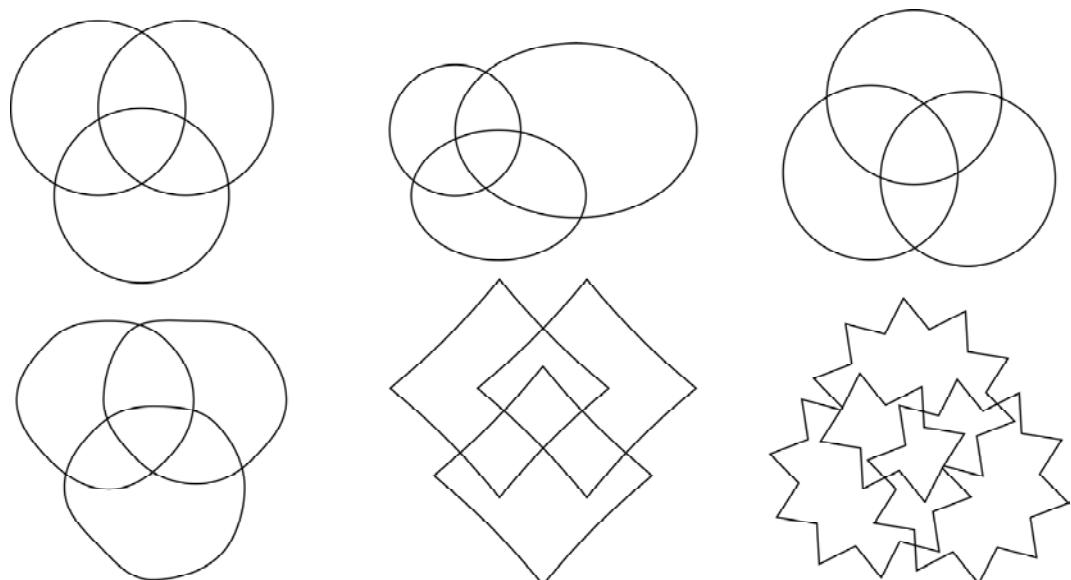


Figura 3. Diagramas de Venn isomórficos.

A pesar de que todos ellos comparten las propiedades topográficas relevantes necesarias para representar de manera fiable las relaciones lógicas entre tres conjuntos (cf. Shimojima, 1996), algunos de ellos son más adecuados para esta tarea que otros. Algunos son más claros, otros son más confusos; algunos son más fáciles de dibujar y otros más complejos; algunos parecen más bellos, otros son feos. Y estas diferencias no son lógicas, sino del tipo que he llamado, siguiendo a Blackwell (2008), “ergonómicas” ya que no dependen sólo de las características internas de los diagramas, sino también de las capacidades de sus usuarios (y otros factores externos, tales como las restricciones materiales asociadas a las prácticas en las que se utilizan).

Consideremos ahora un ejemplo diferente de un área diferente de las matemáticas. Como es bien sabido, para los niños pequeños (menores de tres años) es muy difícil adquirir los significados de las expresiones numéricas básicas, es decir, les cuesta mucho trabajo aprender a usar las palabras “uno”, “dos”, “tres” etc. Por un lado, aprenden fácilmente a recitar la secuencia de palabras “uno, dos, tres etc.” y también les es fácil correlacionar dicha secuencia con otras secuencias de objetos, de modo que, por ejemplo, cuando se les pide “contar” cuántos juguetes se encuentran en un grupo, tienen pocos problemas para ir uno por uno asignándoles los nombres de los números en la secuencia habitual: “uno” para el primero, “dos” para el segundo etc. Sin embargo, pese a ello, les cuesta mucho trabajo comprender que los números en la secuencia representan una cantidad exacta. Si le pides a estos mismos niños pequeños, por ejemplo, que te den “tres juguetes”, no pueden entender que les estás pidiendo que te den exactamente tres juguetes (en lugar de sólo unos pocos, o muchos).

La mayoría de los psicólogos toman esto como evidencia de que los conceptos numéricos son difíciles y que por eso nos toma tanto tiempo adquirirlos. Sin embargo, recientemente han salido a la superficie nuevos resultados empíricos que desafían esta hipótesis. Estudiando a niños mientras aprenden el Lenguaje Mexicano de Señas [LMS], Mathieu Lecorre ha encontrado que pueden aprender fácilmente que los signos asociados con los números uno, dos, tres, cuatro y cinco (que consisten en levantar el número correspondiente de dedos) representan esas cantidades exactas. Es muy poco probable que los conceptos numéricos que estos niños están aprendiendo sean sustancialmente diferentes de los conceptos numéricos que los otros niños aprenden. Por ello, parece que la diferencia entre usar palabras o señas no es lógica o epistémica. Lo que los niños están haciendo en ambos casos no es lógica ni epistemológicamente diferente. Ambos están aprendiendo a asociar signos con cantidades. Sin embargo, desde un punto de vista ergonómico, las tareas son radicalmente diferentes. Los niños que no usan LMS están aprendiendo una asociación que es completamente arbitraria y convencional. No hay nada que guíe su aprendizaje de que la palabra “dos” representa al número dos, el cual es el sucesor del número representado por la palabra

“uno”. Sin embargo, en el caso de los niños que aprenden LMS, el homomorfismo que existe entre los dedos que se levantan en cada seña y el número correspondiente guía el proceso de aprendizaje. Esto no cambia la naturaleza epistémica de la tarea o de la representación, pero sí hace una enorme diferencia a nivel ergonómico.

Si tengo razón al subrayar que aspectos epistémicos y lógicos dan forma a nuestras representaciones epistémicas, hay que esperar que lo que hace útil a un diagrama geométrico para una prueba dada no sea sólo su precisión y fidelidad, sino también su manejabilidad, perspicacia, claridad etc. Como en el ejemplo de la figura 3, esto también significa que diferentes representaciones pueden estar a la par en el nivel epistémico, pero diferir sustancialmente al nivel ergonómico. De hecho, esto es lo que sucede en el caso de los diagramas de la geometría Euclideana. Su ventaja principal con respecto a otras representaciones matemáticas – como símbolos y fórmulas – no se da tanto al nivel epistemológico o lógico, sino al ergonómico. Se suele dar por supuesto que los diagramas geométricos son sustancialmente diferentes a las palabras y las fórmulas matemáticas; que los diagramas son imágenes, mientras que las fórmulas y las palabras son símbolos, y que en consecuencia, las matemáticas que usan diagramas son sustancialmente diferentes de las matemáticas que sólo usan fórmulas y palabras. Durante mucho tiempo, los filósofos de las matemáticas han tratado de dilucidar en dónde radica esta diferencia. Como era de esperarse, han tratado de trazar la línea a nivel epistémico, lo que explica el reciente debate sobre si las pruebas diagramáticas son tan fiables, rigurosas etc. como las pruebas puramente formales. Sin embargo, creo que esto ha sido un error, y que la diferencia principal no se encuentra en el nivel epistémico, sino en el ergonómico. Como he afirmado anteriormente en este artículo, cuando se trata de representaciones epistémicas – y eso es lo que los diagramas geométricos son – podemos identificar dos inferencias diferentes e igualmente importantes: una que busca determinar lo que la imagen representa, es decir, cómo es el mundo *de acuerdo* a la representación; y uno segundo que va de lo que la imagen representa a la forma en que *en realidad* es el mundo. Los filósofos se han centrado generalmente en esta segunda inferencia, haciendo caso omiso de la primera; en otras palabras, han centrado sus esfuerzos en teorizar sobre la fiabilidad epistémica de las representaciones, sin tener en cuenta la cuestión de cómo interpretamos nuestras representaciones. Sin embargo, la diferencia principal entre diagramas y fórmulas en geometría tiene poco que ver con qué tan fiables son cada una, sino en la forma en que los interpretamos. Es a este nivel que nuestra intuición de sentido común tiene razón: los diagramas geométricos son imágenes, no símbolos.

Como he mencionado, en el uso adecuado de una representación con un fin epistémico, es importante ser capaz de identificar lo que se está representado. Por lo tanto, en igualdad de condiciones, es deseable que los referentes de las representacio-

nes sean fáciles de identificar (cf. Paraboni *et al.*, 2007). Diferentes tipos de representaciones utilizan diferentes mecanismos para fijar sus referentes y para hacerlos fácilmente identificables. Uno de los mecanismos más comunes de fijación de referencia es el establecimiento de una convención a través de algún tipo de “bautismo” (cf. Kripke, 1980), pero hay otros. Por ejemplo, se ha argumentado que, al menos algunos modelos científicos basan su relación semántica con el mundo en su similitud con lo que representan (cf. Giere, 1988, 2004; Teller, 2001). Esta similitud puede ser estructural o de apariencia (o una combinación de ambas).

Las representaciones que visualmente se asemejan a lo que representan tienen una ventaja cognitiva clara sobre otros tipos de representaciones: a la hora de determinar lo que representa algo, ayuda mucho si la representación se ve como su referente. Consideremos otra vez el ejemplo de final de fotografía de la sección anterior. Vemos que a pesar de que podría haber otros mecanismos que podrían informar con precisión quien cruzó la línea primero, el final de fotografía se ha convertido en un mecanismo estándar en parte debido a sus ventajas prácticas y cognitivas. Las fotografías se parecen a aquello que representan. Lo que vemos en una foto de final de fotografía es bastante similar a lo que habríamos visto si pudiéramos ser capaces de observar el instante final de la carrera congelado en el tiempo. Esto hace que la información que la imagen contiene sea de fácil acceso, y su fiabilidad sea muy vívida. Si tengo razón, esto significa que parte de la razón por la que utilizamos de manera epistémica fotografías en casos como éste es precisamente porque se ven como lo que representan.<sup>5</sup>

Esto parece ser cierto también sobre al menos algunos diagramas geométricos, como el de Euclides I.1. Ellos también se parecen a los objetos geométricos que representan y eso podría ser parcialmente la razón por la que los usamos. Si esto último es verdad o no es una cuestión controversial cuya discusión dejaré para una ocasión futura. Sin embargo, vale la pena señalar que, si bien es probable que la semejanza visual sea un ingrediente importante en la interpretación de diagramas como los de Euclides, puede que no sea cierto en otros casos de diagramas matemáticos. Uno debe analizar los diferentes tipos de diagramas caso por caso. En algunos de ellos, como los diagramas proyectivos de la teoría de nudos o algunos diagramas en topología (como el del torus), la respuesta probablemente será que sí, es decir, es muy probable que sí explotan la semejanza visual para fijar sus referentes (cf. Brown, 2008). Sin embargo, es muy poco probable que lo mismo se pueda decir de otros casos. Diagramas lógicos como los de Peirce, Venn o Euler, por ejemplo, no parecen explotar la similitud visual al fijar sus

<sup>5</sup> Por supuesto, esto no lo sabemos comparando lo que vemos en la imagen con lo que ella representa. Después de todo, el final de fotografía tiene sentido precisamente porque no podemos ver de otra manera quién ganó la carrera —el movimiento de los esquiadores es demasiado rápido. Pero confiamos en la imagen para mostrarnos lo que no puede ser visto directamente.

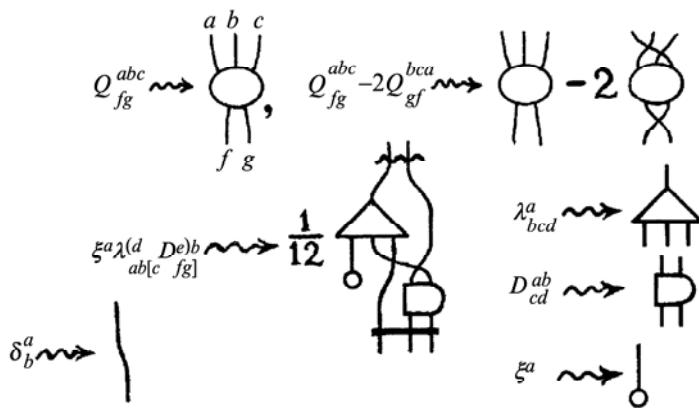


Figura 4. Notación gráfica del tensor de Penrose (2004, p. 241, fig. 12.17).

referentes. La intersección de círculos no se ve como la intersección de conjuntos, si tal cosa siquiera se ve como algo. De manera similar, los llamados diagramas de la notación gráfica de tensores de Penrose (1971) (ver fig. 4) tampoco se parecen visualmente a sus referentes. Después de todo, una de sus convenciones es el uso de una línea recta para representar simetrización y una línea ondulada para representar anti-simetrización; sin embargo, no hay nada recto en la simetrización que sea ondulado en la anti-simetrización. Por lo tanto, los factores ergonómicos y lógicos que contribuyeron a dar forma a los diagramas de la geometría euclíadiana probablemente sean sustancialmente diferentes de los que han dado forma a los tipos de diagramas más prevalentes en la práctica matemática actual, como la notación esquemática de la teoría cuántica de grupos, las huellas de pájaro de Cvitanoviæ, los diagramas de cuerdas para las categorías monoidales, las álgebras planares etc.

## CONCLUSIONES

En este artículo he introducido tres distinciones que considero fundamentales para entender lo que se han llamado “representaciones epistémicas”, es decir, aquellas que utilizamos para perseguir objetivos tales como hacer una inferencia, justificar una afirmación, obtención conocimiento nuevo etc. Cada distinción se basa en la anterior y es más específica. La primera, y más general, se aplica a todas las herramientas. Al explicar por qué nuestras herramientas son de la forma en que son, debemos apelar a dos tipos diferentes de factores: factores relacionados con el propósito o función de la he-

rramienta, y factores relacionados con las limitaciones y capacidades del usuario (lo que he llamado “factores ergonómicos”). Esto también se aplica a las representaciones, ya que en su mayoría son también herramientas: se crean y desarrollan con algún propósito o función más allá del mero representar algo (de ahí la importancia de hacer una distinción entre la función estrecha de una representación – representar – y su propósito más amplio). Por lo tanto, cuando de representaciones se trata, es importante tener en cuenta no sólo la forma en que son moldeadas por su función, sino también la manera en que nuestras propias limitaciones y capacidades como usuarios potenciales influyen en darles forma.

Por último, también es importante hacer una distinción entre dos inferencias involucradas en el uso epistémico de representaciones: la interpretación y la aplicación. En la primera – la interpretación – nos interesa determinar el contenido de la representación – es decir, cómo son las cosas en el mundo de acuerdo con ella, mientras que en el segundo – la aplicación – inferimos cómo es el mundo de acuerdo a lo que nos dice la representación. Ambas inferencias imponen restricciones (epistémicas y ergonómicas) a nuestras representaciones, como se ilustra en los dos casos históricos considerados en este artículo: cómo se utilizó una fotografía de decidir una apretada carrera de esquí en 2007 y cómo se utilizó un diagrama para demostrar un teorema geométrico en la antigua Grecia. Espero que estos ejemplos ilustren cómo diferentes factores ergonómicos y epistémicos dan forma a nuestras representaciones epistémicas: cómo afectan tanto la manera en que las interpretamos, como si (y qué tanto) confiamos en ellas para decirnos algo sobre el mundo real. Una teoría de representaciones adecuada debería, por lo tanto, atender a ambos tipos de factores y ambos tipos de inferencias. En el caso de las representaciones epistémicas, esto significa atender tanto a las condiciones lógicas y epistemológicas que les permiten ser fuentes fiables de información como a las exigencias de carácter ergonómico necesarias para que la representación pueda ser útil para nosotros, sus usuarios potenciales.❸

*Axel Arturo BARCELÓ*  
Instituto de Investigaciones Filosóficas,  
Universidad Nacional Autónoma de México.  
*abarcelo@filosoficas.unam.mx*

Pictures as epistemic tools

## ABSTRACT

The goal of this article is to lay some foundational groundwork in the study of epistemic representations in general, and visual epistemic representations in particular. To this goal, I introduce three helpful and closely related distinctions: The first one is a distinction between the constraints imposed on a tool by the task it is intended to help perform, and the constraints imposed by its intended user. The second is a distinction between a representation's narrow representational function (to represent something), and its wider purpose, which could be epistemic, aesthetic etc. Finally, the third one is a distinction between interpreting and applying a representation, that is, between determining how things are according to the representation, and determining whether things actually are as they are represented to be. I illustrate the usefulness of these distinctions by applying them to a couple of examples: a case of photo finish and a diagram of Euclidean Geometry.

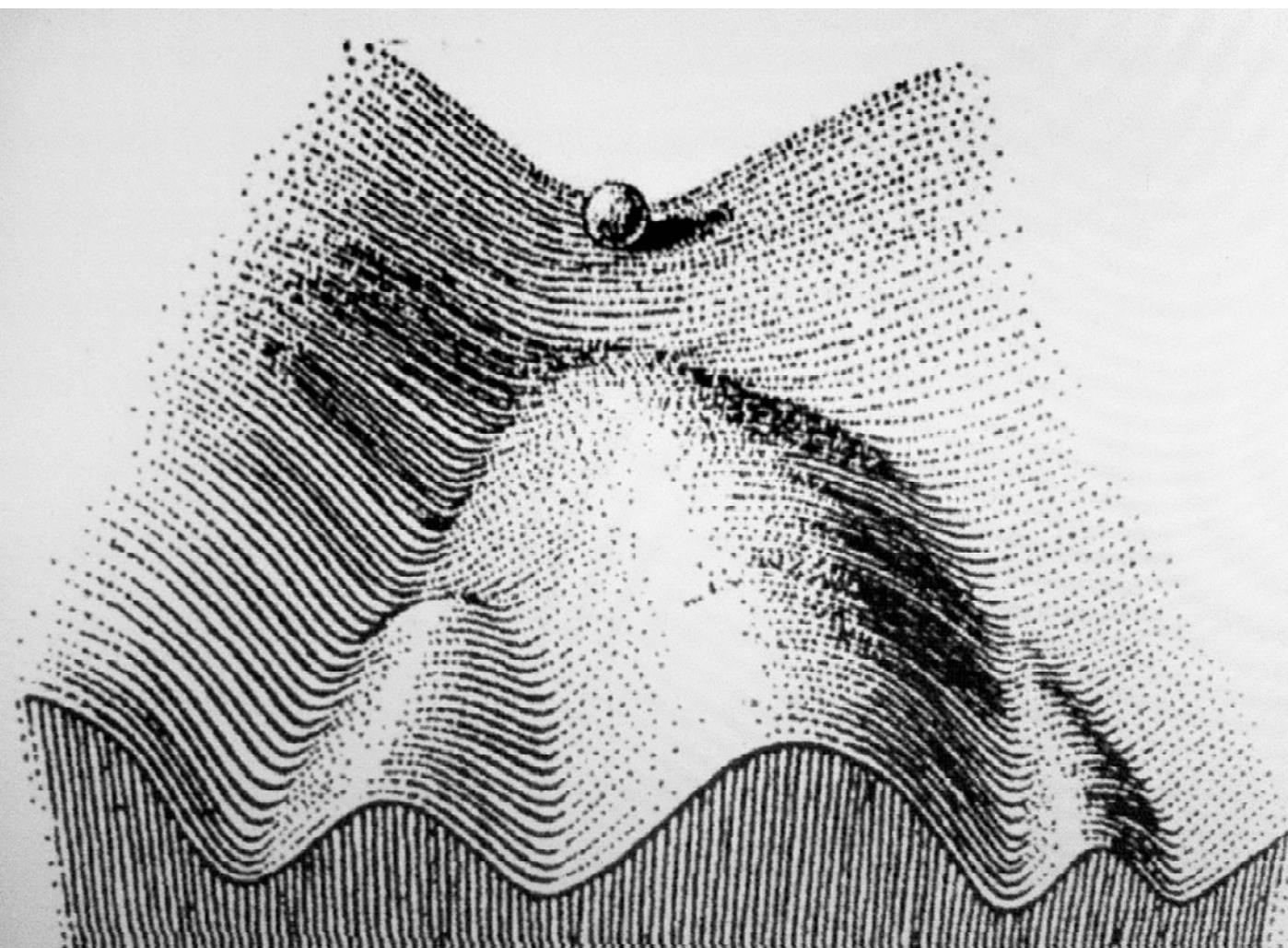
KEYWORDS • Representation. Euclidean diagrams. Photo finish. Scientific images. Interpretation. Ergonomics. Photography. Models. Depiction. Visual inference.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELÓ, A. Words and images in argumentation. *Argumentation*, 26, 3, p. 355–68, 2012.
- BARWISE, J. Heterogenous reasoning. In: BARWISE, J. & ALLWEIN, G. (Ed.). *Working papers on diagrams and logic*. Bloomington: Indiana University Logic Group preprint no. IULG-93-24, 1993. p. 1–13.
- BARWISE, J. & ALLWEIN, G. (Ed.). *Working papers on diagrams and logic*. Bloomington: Indiana University Logic Group preprint no. IULG-93-24, 1993.
- BLACKWELL, A. Cognitive dimensions of notations: understanding the ergonomics of diagram use. In: STAPLETON, G.; HOWSE, J. & LEE, J. (Ed.). *Diagrammatic representation and inference*. Berlin: Springer, 2008. p. 5–8.
- BOFF, K. R.; KAUFMAN, L. & THOMAS, J. P. (Ed.). *Handbook of perception and human performance. Sensory processes and perception*. New York: Wiley-Interscience, 1986.
- BROWN, J. R. *Philosophy of mathematics: an introduction to the world of proofs and pictures*. 2 ed. New York: Routledge, 2008.
- CANALES, J. *A tenth of a second*. Chicago: The University of Chicago Press, 2009.
- ERAÑA, A. & BARCELÓ, A. Por lo que sabemos. *Tópicos*, 52, p. 9–36, 2017.
- FRIEDENBERG, J. Aesthetic judgment of triangular shape: compactness and not the golden ratio determines perceived attractiveness. *I-perception*, 3, p. 163–75, 2012.
- GLAQUINTO, M. *Visual thinking in mathematics*. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- GIARDINO, V. Towards a diagrammatic classification. *Knowledge engineering review*, 28, p. 237–48, 2012.
- GIERE, R. *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- \_\_\_\_\_. How models are used to represent reality. *Philosophy of science*, 71, supplement, p. 742–52, 2004.
- GOGEL, W. A theory of phenomenal geometry and its applications. *Perception and psychophysics*, 48, p. 105–23, 1990.
- HINTIKKA, J. & REMES, U. *The method of analysis: its geometrical origin and its general significance*. Dordrecht: Reidel, 1974.
- KNUTTILA, T. Modelling and representing: an artefactual approach to model-based representation. *Studies in history and philosophy of science*, 42, p. 262–71, 2011.
- KRIPKE, S. *Naming and necessity*. New Haven: Harvard University Press, 1980.

- KULPA, Z. Main problems of diagrammatic reasoning. Part I: The generalization problem. *Foundations of science*, 14, p. 75-96, 2009.
- KULVICKI, J. Knowing with images: medium and message. *Philosophy of science*, 77, p. 295-313, 2010.
- LOMAS, D. What perception is doing, and what it is not doing, in mathematical reasoning. *British journal for the philosophy of science*, 53, p. 205-23, 2002.
- MACBETH, D. *Realizing reason: A narrative of truth and knowing*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- \_\_\_\_\_. Diagrammatic reasoning in Euclid's *Elements*. In: VAN KERKHOVE, B.; DE VUYST, J. & VAN BENDEGEM, J. P. (Ed.). *Philosophical perspectives on mathematical practice*. London: College Publications, 2010. p. 235-67.
- MANMDERS, K. The euclidean diagram. In: MANCOSU, P. (Ed.). *The philosophy of mathematical practice*, Oxford: Oxford University Press, 2008. p. 112-83.
- MANCOSU, P. (Ed.). *The philosophy of mathematical practice*, Oxford: Oxford University Press, 2008.
- MUMMA, J. Proofs, pictures and Euclid. *Synthese*, 175, p. 255-87, 2010.
- \_\_\_\_\_. Constructive geometrical reasoning and diagrams. *Synthese*, 186, p. 103-19, 2012.
- NETZ, R. Greek mathematical diagrams: Their use and their meaning. *For the learning of mathematics*, 18, p. 33-9, 1998.
- NORMAN, J. *After Euclid: visual reasoning & the epistemology of diagrams*. Stanford: CSLI Publications, 2006.
- NOVAES, C. D. Mathematical reasoning and external symbolic systems. *Logique et analyse*, 221, p. 45-65, 2013.
- PANZA, M. The twofold role of diagrams in Euclid's plane geometry. *Synthese*, 186, p. 55-102, 2012.
- PARABONI, I.; VAN DEEMTER, K. & MASTHOFF, J. Generating referring expressions: Making referents easy to identify. *Computational linguistics*, 33, p. 229-54, 2007.
- PENROSE, R. *The road to reality: a complete guide to the laws of the universe*. London: Jonathan Cape, 2004.
- PLATON. *The republic*. Translation B. Jowett. Boston: The MIT Press, 1982.
- SEDCWICK, H. Space perception. In: BOFF, K. R.; KAUFMAN, L. & THOMAS, J. P. (Ed.). *Handbook of perception and human performance. Sensory processes and perception*. New York: Wiley-Interscience, 1986. p. 1-57.
- SHERRY, D. The role of diagrams in mathematical arguments. *Foundations of science*, 14, p. 59-74, 2009.
- SHIMOJIMA, A. Reasoning with diagrams and geometrical constraints. *Logic, language and computation*, 1, p. 527-40, 1996.
- STAPLETON, G.; HOWSE, J. & LEE, J. (Ed.). *Diagrammatic representation and inference*. Berlin: Springer, 2008.
- SUÁREZ, M. An inferential conception of scientific representation. *Philosophy of science*, 71, p. 767-79, 2004.
- TAISBAK, C. M. ΔΕΔΟΝΕΜΑ. *Euclid's data or the importance of being given*. Copenhagen: Museum Tusculanum Press, 2003.
- TELLER, P. Twilight of the perfect model, *Erkenntnis*, 55, p. 393-415, 2001.
- VAN KERKHOVE, B.; DE VUYST, J. & VAN BENDEGEM, J. P. (Ed.). *Philosophical perspectives on mathematical practice*. London: College Publications, 2010.





Parte del modelo de paisaje epigenético que corresponde a la historia de desarrollo de una parte particular de un huevo. La imagen aparece en el libro de 1957 de Waddington, *The strategy of the genes*.



# Paisajes dinámicos en la modelización de la comunicación y el aprendizaje

*Miguel FUENTES & Hernán MIGUEL*



## RESUMEN

Al tratar de modelizar la interacción entre la información entrante y el receptor se deben tomar en cuenta varios aspectos que en una primera aproximación pueden parecer contrarios a la comunicación, pero que parecen ser constitutivos de ella. En particular la interacción parece ser no determinista de modo que la información no es condición suficiente para determinar el estado final del receptor luego de la interacción. Por otra parte, cuando un estímulo enviado al receptor lo fuerza a considerar conceptos alejados de sus conceptos prototípicos, este proceso debería tener como consecuencia una modificación de la configuración conceptual del receptor de manera que en próximas ocasiones los nuevos estímulos se vean procesados de manera más favorable que en sus interacciones anteriores, dando cuenta así del aprendizaje que tiene lugar en el intérprete por la sola práctica de recibir estímulos e interpretarlos. El presente artículo constituye una comunicación del proceso de investigación en el que nos encontramos al enfrentar la tarea de modelizar los aspectos señalados. A pesar de no contar con un panorama completo sobre todos los procesos relevantes, hemos decidido incluir igualmente los aspectos no desarrollados pero que programáticamente deberán ser tenidos en cuenta. Creemos que la dirección en la que estamos desarrollando la modelización es promisoria ya que el modelo diseñado hasta ahora permite dar cuenta de varios aspectos adicionales inicialmente no propuestos como objetivo, pero indudablemente valiosos para una visión más general del problema de la comunicación y el aprendizaje.

**PALABRAS-CLAVE** • Semántica. Sistemas complejos. Paisajes dinámicos. Aprendizaje. Patologías del aprendizaje. Comunicación. Intérprete.

Es aparente que hay realimentación del nivel macroscópico de descripción del sistema en términos de la distribución de probabilidad  $f$  a los movimientos microscópicos  
(Borland, 1998, p. 6.636).

## INTRODUCCIÓN

Los problemas en la transmisión de información y los efectos que ésta tiene en el receptor han sido abordados habitualmente sobre la suposición de que es una información proveniente de un emisor que de algún modo codifica el mensaje y además, tiene la intención de comunicar (cf. Dretske, 1981).

En el presente artículo tomamos la noción de información en sentido amplio, de manera que ésta puede provenir de un emisor o de un sustrato pasible de ser tomado como fuente de información por el intérprete o receptor. De este modo la información puede provenir de un hablante, de un texto, marca o símbolo generados por un hablante o bien directamente puede provenir de aspectos empíricos de un fenómeno que está siendo examinado por un intérprete. Tampoco por “intérprete” debe entenderse solamente personas. Podría tratarse de algún sistema de inteligencia artificial que debe procesar la información entrante, tanto de los mensajes enviados por humanos u otros artefactos como la información capturada en su relevamiento empírico de una zona de su entorno, o bien remota. De este modo podremos abarcar tanto los temas de comunicación y aprendizaje humano como los de interacción entre dispositivos de inteligencia artificial y de estos dispositivos con su entorno.

La información en la comunicación no opera de manera determinista (cf. Zamorano, 2012) y sufre cambios continuos durante su evolución (García, 1996). La información que llega al receptor no siempre es decodificada o interpretada de la misma manera por distintos receptores y tampoco se producen los mismos resultados cuando una misma información es recibida por un mismo receptor en diferentes ocasiones. Esta característica nos obliga a contemplar un aspecto indeterminista en la interacción de la información con el receptor.

Hay dos procesos que introducen indeterminismo en una comunicación entre hablantes. Un primer proceso tiene lugar cuando el emisor construye el mensaje a partir de su estado conceptual. El mensaje no está en relación biyectiva con su estado conceptual, sino que podría existir, y de hecho existe en la mayoría de las situaciones, un grado mayor o menor de indeterminación del estado conceptual a partir del mensaje.

El otro proceso de indeterminación tiene lugar en el momento en el que el mensaje interactúa con el estado conceptual del receptor.

Aunque el primer proceso es muy rico y posiblemente crucial para elucidar algunos problemas de la comunicación, no es tratado en esta etapa de la investigación. En cambio, nos concentraremos en generar un modelo del proceso de interacción de la información entrante o estímulo, con el estado del receptor.

El modelo desarrollado hasta ahora muestra el avance dentro de un panorama programático. Este avance parece sustantivo en la medida en que ha comenzado a dar sus frutos en la aplicación a casos concretos como se muestra en la sección 2, dando un paso más que lo que ya fuera señalado respecto de las diferentes propuestas relativas a la semántica: “la mayor parte de los trabajos nos presenta planteamientos programáticos más que profundizaciones o nuevas explicaciones a fenómenos lingüísticos (...)” (Bernárdez, 1994, p. 184).

## 1 MODELO DE TOPOGRAFÍA CONCEPTUAL DINÁMICA

Nos proponemos dar un modelo de la interacción entre el mensaje entrante y los estados del receptor que puedan dar cuenta de la modificación de estos estados por medio del mismo procesamiento del estímulo. De este modo nos proponemos avanzar en una semántica dinámica, que supere el diagnóstico ya señalado que “las consideraciones semánticas que se reducen a servirse de las nociones de catastróficas en lexamática, parecen conducir a resultados triviales (...)” (García, 1996, p. 28).

En otras palabras, cada vez que un estímulo, entendido como mensaje, es tomado como *input* por parte de la entidad tomada como intérprete, el procesamiento de ese estímulo tiene que poder dejar cierta huella mnémica que se constituye así en una modificación del estado del intérprete. Este cambio tiene que poder modelizarse para representar grandes o pequeñas modificaciones que den cuenta de un aprendizaje por parte del intérprete. También tiene que ser posible ajustar los parámetros del modelo para cuando el intérprete tiene comportamientos extremos como el de no modificar sus estados a pesar de los estímulos, o bien, modifica absolutamente los estados por un mínimo ingreso de estímulos. Estos casos extremos pueden representar actividades específicas de los intérpretes y también situaciones patológicas del aprendizaje.

Para la construcción de este modelo es necesario pensar al intérprete como portador de una estructura conceptual (cf. Perlovsky, 2001; Motter *et al.*, 2002), la cual pudo ser moldeada por estímulos anteriores y puede seguir siendo modificada por los estímulos futuros. He allí el carácter dinámico de la estructura. Concebimos esa estructura conceptual como una topografía en la que el terreno tiene cuencas asociadas al alcance de un concepto. La noción de cuenca conceptual evoca la de rango de significado (cf. Ronzitti, 2011). Sin embargo, la noción de rango de significado no rescata la función de atractor que aquí es fundamental para el procesamiento del estímulo como sí lo hace la noción de cuenca, coincidentemente con los indicado por otros autores (cf. Davey, 1999).

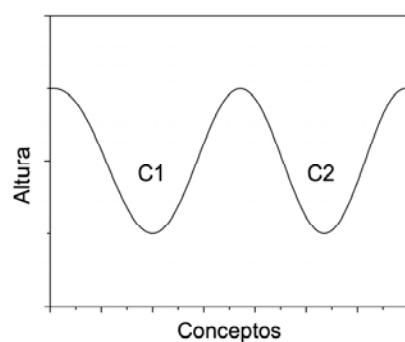


Figura 1. Representación de cuencas conceptuales.

Se trata entonces de un espacio conceptual en el que cada punto es un concepto específico, pero en el que existe un rango para el que ese concepto específico sigue perteneciendo a una cuenca conceptual (en la figura 1 se representan las cuencas conceptuales  $C_1$  y  $C_2$ ). Un buen ejemplo lo constituyen los conceptos de clase para los cuales tenemos los términos de clase dentro del lenguaje. El término “tigre” hace referencia a una amplia gama de individuos por lo cual ese término tiene un rango de aplicación al mundo empírico. Ese rango constituye la cuenca conceptual en el espacio conceptual del intérprete mientras que un tipo particular de tigre con todas sus especificaciones se corresponde con un punto en el espacio conceptual, dentro de la cuenca conceptual correspondiente a “tigre”.

Como puede apreciarse, las nociones de concepto específico, cuenca conceptual y paisaje o espacio conceptual, se corresponden con una cierta taxonomía del mundo, taxonomía que se supondrá compartida entre los distintos hablantes calificados, o bien que se irá enriqueciendo en el caso de que el intérprete esté realizando un relevamiento empírico en el que la taxonomía está siendo motivo de ajuste.

A lo largo del trabajo se irán agregando más especificaciones sobre estas nociones de cuenca conceptual, concepto específico y espacio conceptual. Sin embargo, debe advertirse que en nuestra nomenclatura, la noción de concepto es capturada por la de cuenca conceptual que barre un rango del espacio conceptual, los conceptos con todas las especificaciones para ser ubicado en cierto rango conceptual, son puntos del espacio y se toman como conceptos específicos a los que, en el paisaje, les corresponde cierta altura. En esta metáfora topográfica, el punto de menor altura funciona como el atractor hacia el que rodaría por efecto de la gravedad una esfera colocada en ese paisaje. En el paisaje conceptual, el mínimo de la cuenca corresponde al concepto prototípico hacia el que tiende la interpretación.

### 1.1 OPERACIÓN DE COMPOSICIÓN CONCEPTUAL

Vale la pena notar que en caso de existir conceptos base, entendiendo por “conceptos base” aquellos que no sean una agrupación de otros conceptos, estos conceptos base constituirían un grupo menor que los conceptos obtenidos al agruparlos. Un ejemplo sencillo sería:

$$\text{mesa} + \text{rojo} = \text{mesa roja}.$$

O bien, mucho más claramente al ser nombrado por un solo término:

$$\text{objeto tridimensional cuyas caras son todas cuadradas} = \text{cubo}.$$

A estos conceptos base los llamaremos  $X$ , y llamaremos  $Y$  a los conceptos producto de una agrupación de conceptos base. En realidad, lo que llamamos agrupación es en realidad una operación, que claramente no es lineal y es una operación que depende del sujeto que realiza la operación. Es decir, la agrupación de dos o más conceptos puede significar para dos individuos cosas diferentes. Como ejemplo podemos decir: “bola de agua” que para algunos será más cercano a “trozo de hielo” y para otros, más cercano a “gota de agua”.

### 1.1.1 OPERACIÓN DE COMPOSICIÓN

Podemos decir entonces que  $Y=N_i(X)$ ,

donde  $N_i$  representa la operación de composición antes mencionada y  $X$  es un vector con los componentes base  $X$  (conceptos base), o sea,  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ , donde el subíndice indica cuál individuo está realizando la operación.

Por otra parte, para un individuo, podremos representar a un concepto como una cuenca en un paisaje o espacio conceptual (ver fig. 1). Cada valor  $x$  dentro de la cuenca es un concepto específico del rango conceptual y el valor  $x$  que corresponde a un mínimo relativo de la curva, es el concepto prototípico de esa cuenca. En la figura 1, se indica con  $C_1$  y  $C_2$  las cuencas conceptuales para cierto individuo.

Retomando el problema de la composición conceptual, si  $C_i$  es el resultado de una operación  $N$  cuyos insumos son otros conceptos de nivel inferior, y esta operación es propia de cada individuo  $y$ , a su vez, cada concepto de nivel inferior tiene una cuenca asociada con su rango para cada uno de los individuos, es esperable que las cuencas conceptuales resultantes de la composición no coincidan de uno a otro individuo.

Supongamos tener una mesa pequeña muy parecida a un taburete, sin lugar a dudas este objeto estará alejado del mínimo de la cuenca de potencial “mesa”, es decir, está alejado del concepto prototípico de mesa  $y$ , dependiendo del contexto y de la historia personal de cada uno, es probable que algún individuo la confunda con una silla. El contexto puede ser representado mediante variables exógenas mientras que la historia personal ha influido en los valores de las variables endógenas (cf. Zamorano, 2012, p. 694). Por lo cual podemos simbolizar la composición para cada individuo como:

$$Y=N_i(X),$$

donde  $Y$  será silla o mesa para uno u otro individuo dependiendo de su interpretación o agrupación  $N_i$ . Esta situación no es sorprendente y está rescatada mediante el subíndice de la función que explícitamente alude al individuo.

Solo queremos resaltar que cada individuo posee su propia forma operacional  $N$ , la cual es producto de su historia, condición interna actual etc., que nunca son iguales estrictamente hablando. Por otra parte, sería deseable en un futuro desarrollar un modelo que diera cuenta de esta operación y que recogiera esta dependencia de la historia del individuo, algo que en el estado actual de la investigación no está disponible. Debido a esta observación es claro entonces que las cuencas conceptuales, que son productos de la operación  $N$ , serán propias de cada individuo, presentando, en el mejor de los casos, leves diferencias entre individuos.

Dos aspectos se hacen relevantes ahora: cómo es que la comunicación se hace posible si las cuencas de diferentes individuos no necesariamente coinciden y cómo debe tenerse en cuenta en la comunicación esta falta de coincidencia.

### 1.1.2 INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN

Consideremos dos individuos representados por sus cuencas conceptuales. En la figura 2, el gráfico inferior con trazo de puntos está asociado al emisor y, el otro, superior de trazo lleno, asociado al receptor. Puede ocurrir que, al transmitir la información correspondiente al concepto específico A desde el emisor al receptor (flecha ascendente de la izquierda en la figura), este último la reciba y la interprete como dentro de la cuenca conceptual  $C_1$ , coincidentemente con el emisor. En cambio, si el emisor transmite el concepto específico B, el cual está ubicado en un punto marginal de su cuenca  $C_1$ , puede ocurrir que el receptor entienda que el concepto específico B pertenece a su propia cuenca conceptual  $C_2$  aun cuando comprende que, para el emisor el concepto A pertenece a la cuenca  $C_1$ . De este modo se obtiene una percepción que produce perplexidad en el intérprete y lo moviliza a un esfuerzo de interpretación en el que sus propias cuencas deben modificarse o reagruparse para poder sostener una taxonomía común, implícita en ese tramo de la comunicación. El proceso descrito en este párrafo mues-

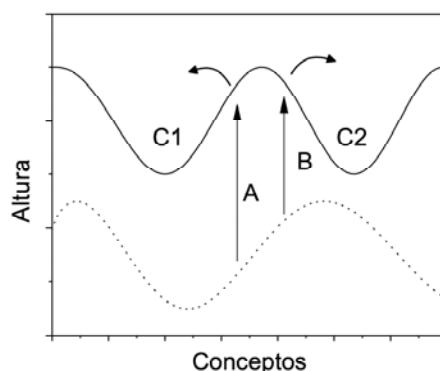


Figura 2. Representación de cuencas conceptuales en el emisor y en el receptor.

tra de qué modo el receptor se comporta como un intérprete activo en cuanto a su interacción con el estímulo entrante. Este rol activo se asimila a las variables endógenas (Zamorano, 2012, p. 694) mientras que la noción de ruido, también consignada por el autor, será considerada en nuestra subsección siguiente.

Esta situación genera dos resultados importantes. Por una parte, la comunicación entre individuos no garantiza la transmisión del estado conceptual del emisor al intérprete, lo cual ya habíamos anticipado, y por otra parte y de gran importancia, puede producir novedades cuando un concepto específico, pretendidamente perteneciente a un rango o cuenca conceptual, es percibido como una perplejidad por no poder ser interpretado como perteneciente a la correspondiente cuenca conceptual en la topografía del intérprete.

## 1.2 MODELO DE PROCESAMIENTO EN EL RECEPTOR

Pasamos ahora a considerar el modelo de interacción entre el estímulo entrante y el estado del intérprete para representar el modo en que se procesa un estímulo entrante por parte del receptor.<sup>1</sup>

Consideraremos que el receptor posee una red de conceptos estructurada de manera que una porción de esa red es relevante para la interacción de cierta información que llega al receptor. En tal red, cada nodo está representado por una cuenca con un punto central o atractor que constituye el concepto paradigmático o prototípico (cf. Rosh, 1973; Zamorano, 2012, p. 683 ss.). Y la cuenca conceptual representa el alcance del concepto en sus diferentes aspectos.

El modelo toma el estado del receptor como un punto perteneciente a una dimensión conceptual  $x$ . Esta dimensión conceptual estará inmersa en un paisaje, o potencial conceptual  $V(x)$ , el cual dará cuenta de cuán probable es un determinado concepto  $x$  en esa cuenca.

La dinámica propuesta para el procesamiento de un estímulo en este paisaje conceptual, es de la forma

$$\frac{dx}{dt} = -\gamma \frac{dV(x)}{dx} + \varepsilon \xi(t) \quad (1)$$

El parámetro  $\gamma$  indica la velocidad de relajación en un procesamiento del estímulo que comienza con un concepto inicial activado por un estímulo entrante, al cual podríamos indicarlo como la condición inicial  $x(0)$ , hasta terminar en un concepto

<sup>1</sup> Una descripción técnica del modelo se encuentra en Fuentes y Miguel (2013). Para una reseña de aplicación de metodologías no lineales a la comunicación véase Zamorano (2012).

final, obtenido al llegar a un lugar estable del recorrido o bien al detenerse el tiempo de procesamiento.

La dinámica estocástica está dada por el término  $\varepsilon\zeta(t)$ , que formalmente es un término de ruido blanco con una amplitud caracterizada por  $\varepsilon$ . Este término da cuenta de la capacidad de explorar conceptos cercanos (cercano a  $x$ ) y permitirá asociaciones con cierta distribución de probabilidades ponderadas por el potencial.<sup>2</sup>

De esta manera, si consideramos que el potencial  $V(x)$  no cambia en el tiempo, el receptor interpretará la información o estímulo recibido en términos de conceptos relacionados con toda la cuenca conceptual y del camino estocástico realizado, el cual finalmente tenderá, en el proceso de relajación, al mínimo de potencial (concepto de mayor probabilidad asociada a la cuenca).

En cambio, si suponemos que el propio paso del estímulo en su camino de relajación, desde su posición inicial hasta su posición final, produce una modificación del potencial, entonces el mismo procesamiento dejará una huella para los próximos estímulos y, lo que es más interesante, el efecto de dejar huella al pasar por el paisaje conceptual puede afectar al propio estímulo entrante al pasar dos veces por un mismo punto del paisaje. Esto se debe a que en su primer paso ha modificado la topografía del paisaje en ese punto. Es decir, una etapa del procesamiento de un estímulo es afectada por el procesamiento del mismo estímulo en etapas anteriores.

Por lo tanto, el proceso de interpretación tiene, por parte del receptor, un aporte activo en dos aspectos. Por un lado, el estímulo entrante activa una cierta zona de la topografía conceptual y esa zona tiene un proceso de relajación hacia alguna de las cuencas que actúan como atractores propios del receptor. Por otra parte, el proceso de relajación no sigue siempre el mismo derrotero en ese paisaje, dejando en cada ocasión una huella en particular, la cual tiene la capacidad de modificar el propio paisaje con una dinámica que veremos más abajo. Este derrotero no determinado *a priori*, pero determinado *post factum* está modelizado por el término estocástico analizado anteriormente. En resumen, el receptor es doblemente activo respecto de la información entrante dando al modelo la capacidad de otorgar al intérprete o receptor un papel importante en la comunicación.

Hasta aquí vimos la evolución dentro de la cuenca conceptual tomada de manera estática. A continuación proponemos una dinámica para permitir cambios duraderos en el potencial, tal como anticipamos al mencionar que cada derrotero en el proceso de relajación puede dejar una huella en la topografía misma.

<sup>2</sup> No será posible utilizar una noción frecuencial de probabilidad, pues la ocurrencia de cada estímulo cambiará la distribución de probabilidad. Por este motivo, tenemos que adoptar una noción de probabilidad objetiva como la noción de *chance* existente en el mundo o bien pensar una probabilidad frecuencial a través de mundos posibles (si hubiera recibido tales estímulos, en tal porcentaje de los mundos, reaccionaría de tal y tal modo).

Proponemos que el potencial cambiará su forma durante la dinámica de la siguiente manera:

$$\frac{dx}{dt} = \gamma P'(x, t - \tau) + \varepsilon \xi(t) \quad (2)$$

El primer término de esta ecuación muestra cómo el proceso de relajación hacia un concepto depende de la probabilidad anterior, que existía en la cuenca conceptual. El tiempo  $\tau$  representa el retardo entre el instante en el que se toma el gradiente de la probabilidad en el paisaje y el instante en el que tiene efecto ese gradiente sobre el proceso de relajación.

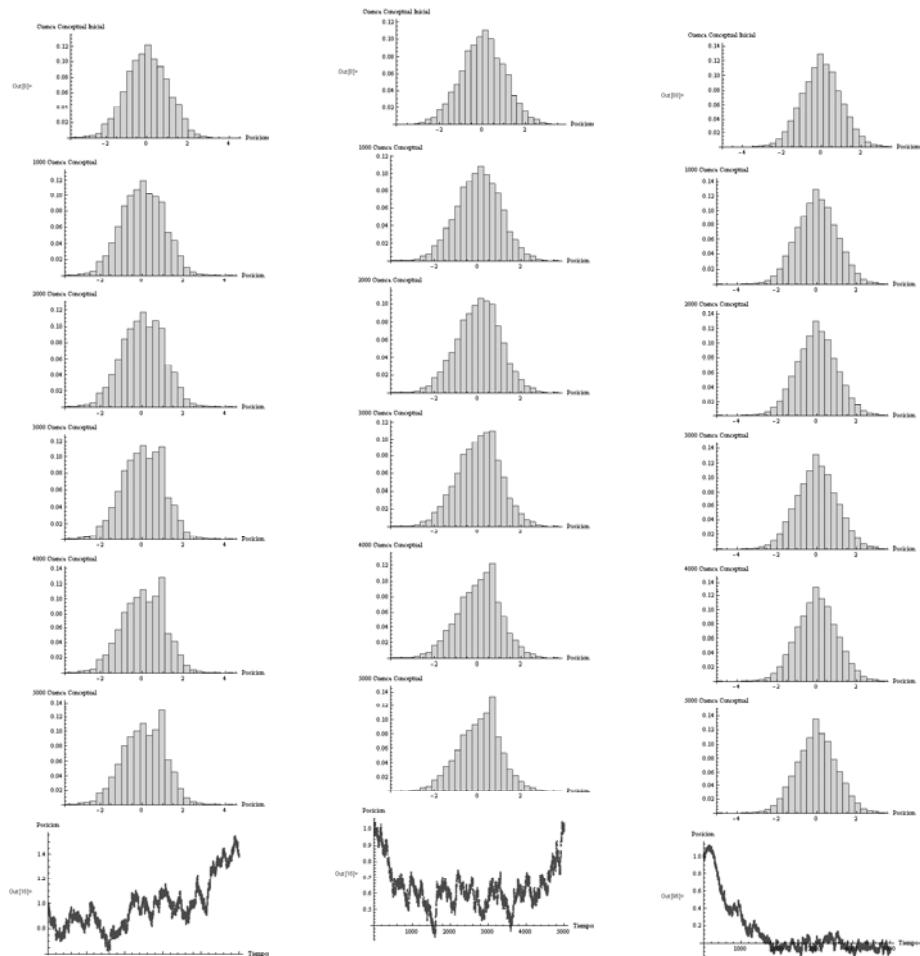


Figura 3. De arriba hacia abajo seis instantes en el proceso de relajación para simulaciones con valores distintos del parámetro de relajación: el caso 1 (a la izquierda) es el más lento ( $\omega$  pequeño), el caso 3 (a la derecha) es el más rápido ( $\omega$  alto) y el caso 2 (al centro) es intermedio. El gráfico inferior muestra el derrotero por el espacio conceptual a lo largo del tiempo de relajación.

Por otra parte, los parámetros  $\gamma$  y  $\Sigma$  pueden ser comparados al combinarse en un único parámetro  $\omega = \gamma/(\gamma + \Sigma)$  que constituye el coeficiente de determinación para el proceso de relajación. Este parámetro vale cero si no hay paisaje conceptual ( $\gamma = 0$ ) o es muy pequeño si la componente estocástica es muy superior a la pendiente que se encuentra en el paisaje ( $\gamma \ll \Sigma$ ). Y se hace igual a la unidad cuando el proceso es determinista ( $\Sigma = 0$ ).

Para realizar las simulaciones computacionales que se muestran en la figura 3 se toma una distribución gaussiana normal como condición inicial para la probabilidad. Como veremos en más adelante (en las secciones 1.3 y 1.4) esta elección no es necesaria, sino que cumple con elegir un estado del sistema al momento de recibir el estímulo entrante. La condición inicial para  $x$  es  $x(0) = 1$ , es decir, alejada del mínimo en un desvío standard. Cada una de las simulaciones (casos 1, 2 y 3) muestra el proceso para un valor distinto del coeficiente de determinación. El primer caso es el más lento ( $\omega$  pequeño) y el tercero el más rápido en dirigirse hacia el máximo de la distribución ( $\omega$  grande).

Analicemos con un poco más de detalle el proceso simulado que muestra la figura 3. Tomamos la distribución de probabilidades en una cuenca conceptual como una gaussiana centrada en el concepto paradigmático, pero la curva se representa en estado discreto por su histograma. Cuando un estímulo ingresa en el sistema del receptor, en su camino pasa por diferentes intervalos del histograma. Cuanto más aleatorio es su camino ( $\omega$  pequeño), mayor será el número de barras del histograma que visitará. Si en cambio, el camino fuera determinista, iría directamente hacia el máximo de probabilidad sin “titubeos”. Sumemos una unidad a cada barra del histograma por cada pulso del reloj en el que el estímulo pasa por esa barra y hagamos esto durante una cantidad total de pulsos  $m$  que dura el proceso. Cuantas más veces pasa por una determinada zona del histograma, más crecerán las barras de esa zona. Una vez sumadas las  $m$  unidades a las barras correspondientes y renormalizado el histograma, disponemos de la nueva distribución de probabilidades que depende del camino que efectivamente siguió el estímulo en su procesamiento. Además, si esta suma y renormalización se realiza en diferentes oportunidades intermedias del proceso, la distribución de probabilidades cambia para el mismo estímulo que está siendo procesado y el cambio se debe a los pasos del propio estímulo en instantes anteriores del proceso. De este modo el procesamiento de un estímulo genera la distribución de probabilidades con la que continúa su propio procesamiento y entonces podemos decir que el paisaje se autogenera.

Dado que la nueva distribución es el resultado de sumar  $m$  unidades a las  $N$  iniciales del histograma, se comprende la importancia del cociente  $\varphi = m/N$ . Cuanto ma-

yor sea el valor de  $m$  en comparación con  $N$ , tanto mayor será la modificación en el paisaje. Por este motivo ambos parámetros están involucrados en el modo en que se actualiza el histograma. El cociente  $\mu = m/(m+N)$  mide el modo en que se actualiza la distribución y constituye así el coeficiente de *modificabilidad mnémica* del paisaje.

El extremo  $\mu = 0$  corresponde a las situaciones en las que los estímulos no producen ningún cambio en la distribución de probabilidades para el procesamiento de información. El cambio en el valor de este coeficiente puede dar cuenta de los diferentes grados de modificabilidad y, por lo tanto, es un parámetro asociado a los problemas de aprendizaje por parte del intérprete. Diferentes valores pueden dar cuenta de tareas de identificación sin aprendizaje, es decir, de utilización de cuencas conceptuales para funciones que no abarcan la tarea de modificarlas. Un ejemplo sencillo se encuentra en un detector de semillas que debe separar un tipo de semilla de otro. Este artefacto no está generando modificaciones en las categorías o cuencas conceptuales que están en uso, sino que las utiliza para una tarea que las presupone invariantes respecto de los estímulos.

Esta forma de pensar la dinámica parece capturar aspectos de importancia presentes en la recepción de la información. Puede verse cómo el paisaje se autogenera por medio del camino seguido en el espacio conceptual durante el procesamiento del estímulo. Este recorrido está traccionado por la derivada de la probabilidad en el tiempo para esa zona del espacio. Esta forma de concebir el modelo en la que el camino seguido por el estímulo se asimila a un deslizamiento hacia conceptos de probabilidad más alta con el agregado de un componente azaroso que pueda introducir novedades, resulta plausible y rescata las notas salientes que se indicaron como indispensables para la recepción activa de la información.

Si tomamos el caso de invariancia temporal del paisaje, el potencial está representado por una cuenca centrada en  $x$  que es el concepto que será activado finalmente durante el proceso de relajación. Es decir que en una fotografía de un instante del proceso de relajación vemos una cuenca producida alrededor de la posición conceptual  $x$ .

Al analizar la variación del potencial con el tiempo, encontramos que la contribución para la velocidad de cambio del potencial es diferente según la zona de la cuenca. De este modo los cambios en el paisaje conceptual no están tampoco determinados de manera uniforme sino que se producen de un modo diferente para zonas distintas alrededor de cada punto de la trayectoria del proceso de relajación, trayectoria que, como anticipamos, no está determinada.

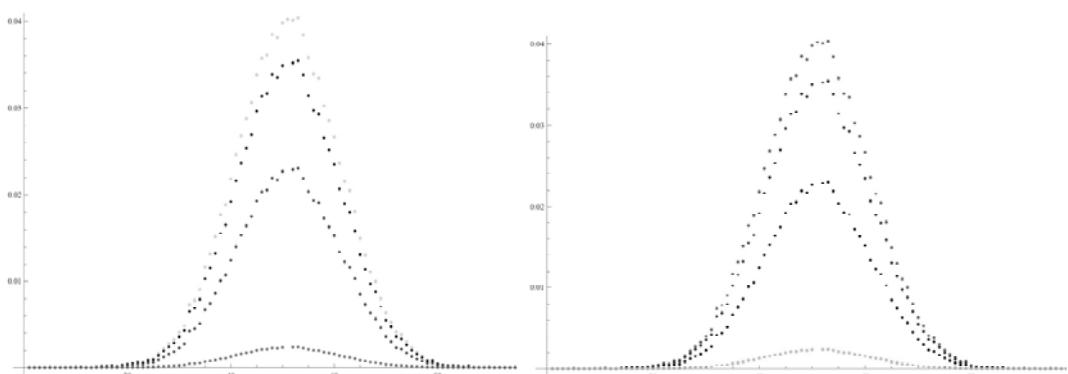
Esta característica del modelo permite dar cuenta de la modificación conceptual que se produce cuando el concepto activado por el estímulo no coincide con el concepto prototípico que opera como mínimo de potencial en la cuenca conceptual corres-

pondiente. Este aspecto tiene la virtud de dar cuenta de un tipo de aprendizaje en el que la cuenca inicial se ve modificada en correspondencia con un nuevo alcance del concepto por el uso, una y otra vez, de zonas de la cuenca no coincidentes con el mínimo, que corresponde al concepto prototípico de la cuenca.

### 1.3 OPERACIONES CON LAS CUENCAS CONCEPTUALES

La dinámica que hemos planteado permite prever la modificación de cuencas. Sin embargo, podemos preguntarnos en qué sentido es necesario contar con una distribución inicial. Habíamos anticipado que no era necesario. Pues bien, entonces debe ser posible generar una cuenca partiendo de la inexistencia de cuencas. El modelo predice y las simulaciones muestran que cuando el paisaje es una *tabula rasa*, a poco de recibir estímulos comienzan a generarse cuencas por el componente aleatorio. Esto se debe a la dinámica de suma de unidades por cada paso del estímulo por el paisaje previamente llano. Por esto no es de ningún modo importante contar con una configuración inicial para la obtención inevitable de una configuración final que se autogenera, se actualiza en su uso y, a su vez, pasa a ser una estructura activa en generar tendencias en el procesamiento de los próximos estímulos entrantes. Esta característica puede ser de gran interés tanto al modelar comportamientos de sustrato neuronal como de artefactos de inteligencia artificial, que a poco de estar en uso, comienzan a tener una estructura activa en el procesamiento.

Por otra parte, en ciertas oportunidades será necesario lograr que dos cuencas preexistentes se transformen en una sola. O bien la operación inversa: lograr una dis-



**Figura 4. Aparición y desaparición de cuencas.** La figura muestra la creación (a) y la desaparición (b) de cuencas. Aunque ambos gráficos parecen equivalentes, el caso (a) comienza con una distribución plana (inexistente) y se desarrolla hasta la curva en su nivel más alto, mientras que el caso (b) tiene como configuración inicial la distribución de más arriba y sucesivamente se va aplanando.

criminación mayor, generando más de una cuenca en lo que anteriormente era una sola. Podríamos identificar a la primer operación con la condensación conceptual, como por ejemplo la que ocurre cuando alguien aprende que dos descripciones diferentes corresponden a un mismo objeto o sujeto. Mientras que antes existían dos categorías diferentes de la taxonomía, ahora cuentan como un solo rango conceptual. Puede ocurrir que el rango de la cuenca condensada no coincida con los rangos anteriores, dando en algún grado un resultado más asociable a la composición conceptual que a la condensación. Pero este punto sería de una magnitud de segundo orden respecto al fenómeno que queremos destacar.

En el caso de llegar a una configuración final en la que una cuenca se ha dividido en dos o más por algún criterio de grano fino, estamos frente a una discriminación conceptual, o *splicing*, que se corresponde con los avances del conocimiento en el que no hay cambio revolucionario en la taxonomía, sino una adquisición creciente de capacidades para distinguir nuevos aspectos entre objetos de una misma categoría en términos de la taxonomía inicial, reagrupándolos así en diferentes subclases al interior de la clase original (figura 5).

#### 1.4 APRENDIZAJE, PENSAMIENTO HIPOTÉTICO Y DINÁMICA DE LAS CUENCAS

Identificaremos como deformación elástica de una cuenca conceptual aquella que ocurre mientras el estímulo está presente pero que, luego de desaparecer el estímulo no deja huella mnémica. Es decir que la deformación elástica de cuencas en este caso no constituye aprendizaje sino una capacidad de acomodación de la estructura de cuencas

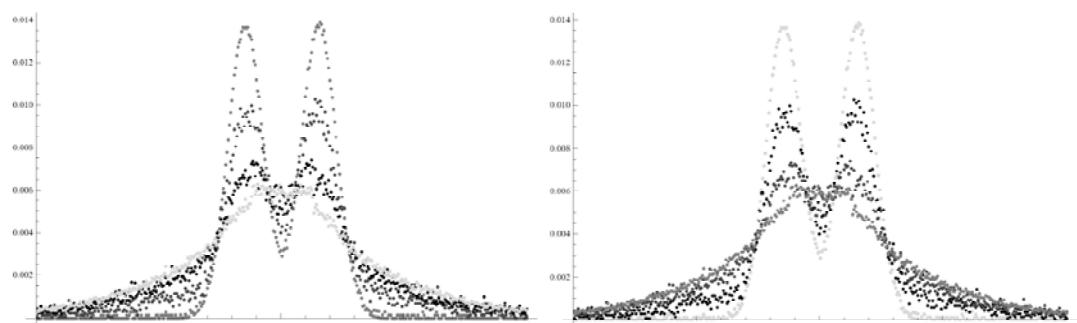
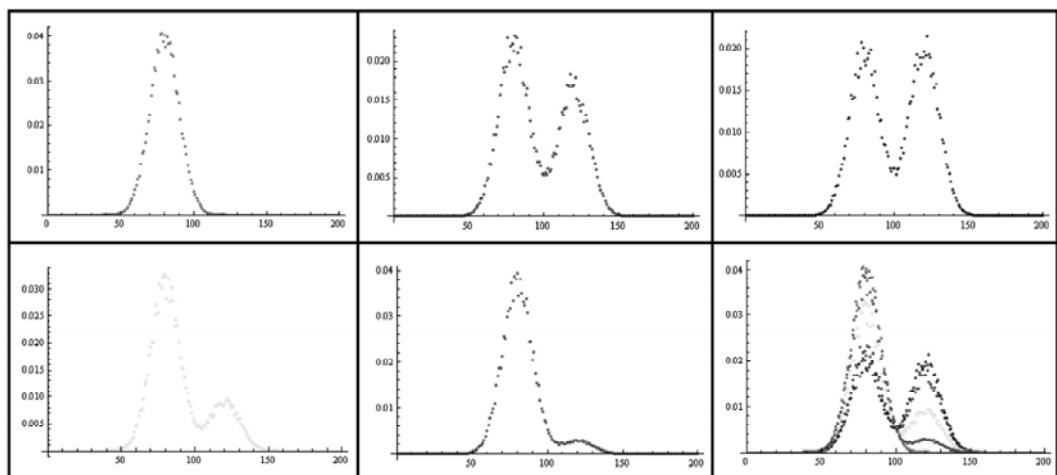


Figura 5. Condensación y discriminación de cuencas. La figura muestra de qué modo las simulaciones computacionales pueden reproducir este proceso dentro del mismo modelo. Nuevamente los gráficos parecen coincidentes, pero en (a) el proceso de la simulación parte de la distribución con dos picos y se transforma en la configuración más ancha y baja con un solo pico en el centro, mientras que en (b) se parte de la configuración de una cuenca y se llega a dos.

a un cierto modo de organización conceptual temporario. Un ejemplo sería el caso en el que una persona trata de seguir el razonamiento del interlocutor echando mano al pensamiento hipotético. El intérprete no está por cambiar su estructura sino solo en la medida en que sea necesario, temporariamente, para poder asimilar un discurso ajeno. Y esto tiene lugar sin el *feedback* del éxito perceptivo. Es decir, si alguien pide que imaginemos un elefante rosa, no es difícil hacerlo, pero no modificamos de manera duradera nuestra cuenca conceptual de elefante, en la que seguramente están los elefantes grises, para albergar los elefantes rosas. Nuestra cuenca de elefante no ha sido modificada de manera duradera (ver figura 6). Solo se la ha modificado para asimilar el discurso de quien habla de elefantes rosas, haciendo un esfuerzo por conservar esa taxonomía implícita que se requiere en ese tramo de conversación, como lo señalamos al comienzo (sección 1).<sup>3</sup>



**Figura 6. Situación de pensamiento hipotético.** La secuencia muestra la aparición de una cuenca lateral hasta hacerse igual de profunda en el tercer cuadro para desaparecer casi completamente en el quinto cuadro. El sexto cuadro muestra la superposición de los cinco estados intermedios representados en los anteriores cuadros.

Una deformación de la cuenca muy diferente es la que ya se analizó en la figura 3 y ocurre cuando, por ejemplo, se nos muestra que un cierto astro en la noche no titila y se nos indica que los planetas visibles no titilan. En ese caso nuestra cuenca asociada a planetas visibles ha sido modificada de manera *duradera*. No decimos que la cuenca ha

<sup>3</sup> Podría decirse que el solo ejercicio del pensamiento hipotético produce aprendizaje, pero ese aprendizaje no está siendo modelado. Lo que el modelo toma como aprendizaje es la efectiva modificación del paisaje conceptual por el procesamiento de estímulos.

sido modificada de manera *permanente* porque en realidad ha sido modificada hasta la próxima ocasión en que ocurra otra modificación. En cierto sentido es permanente por su permanencia en el tiempo, pero no es permanente en el sentido de no revisable o modificable nuevamente.

A este tipo de deformación duradera la llamamos deformación inelástica para destacar que la cuenca no vuelve a estar en su configuración inicial luego de desaparecer el estímulo. Por este motivo, mientras que las deformaciones elásticas corresponden al pensamiento hipotético, las inelásticas están asociadas al aprendizaje.

Se debe señalar que este aprendizaje no tiene lugar si no existe un *feedback* que termine de asegurar que la nueva configuración de la cuenca es más adecuada para cierto fin o en virtud de cierta otra característica. En nuestro modelo todavía no hay un proceso o entidad candidata a ocupar el lugar del éxito ni el de *feedback*, que puede ser de carácter empírico o bien de articulación exitosa con el resto de los saberes. Sin embargo es necesario prever que la noción de *feedback* está asociada a que las cuencas están interrelacionadas y por lo tanto tienen efecto en otras zonas de la red conceptual, pudiendo contemplarse la medida en que el aparato completo es exitoso en alguna tarea clasificatoria, como en el ejemplo del dispositivo selector de semillas. Tanto en el caso de un sustrato neuronal como en el de los artefactos, tiene que existir algún proceso por el cual otras neuronas (en sentido amplio) "sellan" por así decirlo, la modificación operada en la distribución de la cuenca. Estos grupos de neuronas de sellado no son los que están involucrados en la modificación misma, porque de ser así, se habría producido modificación duradera en la cuenca también durante los procesos de acomodamiento hipotético señalado anteriormente. Es decir, no sería posible el pensamiento hipotético si el grupo de unidades neuronales encargadas de la operación de sellado fueran dependientes de la modificación.

Como señalamos, la modificación duradera es sin duda el proceso asociado con el aprendizaje. También es probable que la diferencia que planteamos aquí entre la modificación hipotética y la modificación duradera pueda echar luz sobre el problema de por qué los estudiantes pueden conservar sus ideas y estructuras de pensamiento previas a la escolarización y a su vez haber tenido éxito durante su paso por el sistema escolar. Todo estudiante que pueda modificar hipotéticamente sus cuencas de manera que, frente a los estímulos escolares su configuración conceptual se altera para ajustarse a la configuración conceptual que se espera de él y así aprobar un examen, podrá más tarde terminar de procesar el estímulo que modificó sus cuencas y así dejarlas volver a su lugar original, de manera de recuperar sus estructuras previas como si la escolarización no hubiera dejado ninguna huella. Si así fuera, la independencia de las unidades que son capaces de sellar la modificación o dejarla sin efecto es un tópico de enorme interés para la organización de la enseñanza.

## 1.5 MODELO MULTINIVEL

Esta red de cuencas conceptuales puede tener una estructura en diferentes niveles que serán relevantes para la modelización de las relaciones entre conceptos. En particular es de esperar que la integración de varios conceptos más básicos para producir un concepto más complejo pueda involucrar un cambio de nivel y procesos emergentes como ya se señaló.

Del mismo modo, los conceptos relationales parecerían ser cuencas de cierto nivel que son el resultado de conexiones entre conceptos de niveles inferiores. La operación de composición conceptual puede ser una operación dentro del mismo nivel o bien entre niveles diferentes. Exploraremos estas aristas de la concepción de paisaje conceptual.

La topografía de cuencas debe poder replicarse en más de una superficie. En la primera, digamos de nivel 1, están las cuencas asociadas a conceptos (cuya dinámica se ha modelizado en los apartados anteriores). En esa misma topografía, en términos metafóricos hay “ríos” o “valles” que conectan cuencas. A estas conexiones debería corresponder algún concepto relacional y, por constituir un nuevo rango conceptual, tiene que corresponderle alguna cuenca conceptual en alguna parte del paisaje, alguna superficie. Un modo sencillo e intuitivo de cumplir con este requerimiento es agregar una superficie de nivel 2. Podemos seguir asignando cuencas en la misma superficie inicial utilizando zonas más o menos lejanas, pero se hace más simple conservar las intuiciones de conceptos de segundo orden al agregar nuevos niveles en este paisaje.

Así, si en la superficie de nivel 1 se conecta la cuenca *zebra* con la cuenca *caballo* por medio del concepto *cuadrúpedo*, por ejemplo, al cual se le asigna un valle en la superficie del nivel 1, esa conexión debe figurar en la superficie de nivel 2 como una cuenca que da cuenta del concepto *cuadrúpedo*. En caso de que la conexión se haya dado por medio de dos o más conceptos, habrá una cuenca de nivel 2 por cada concepto de conexión (río o valle en la metáfora de la topografía). Tal como lo acabamos de plantear, la superficie de nivel 1 está compuesta de cuencas para clases de objetos y la de nivel 2 de cuencas para las conexiones entre clases.

Siguiendo con esta asignación, en esta superficie de nivel 2 tienen que estar asignadas cuencas a las leyes, las similaridades, las comparaciones, etc. También se debe tener en cuenta el problema de la composición de conceptos que mencionamos al comienzo. La superficie 2 tiene los resultados de la operación  $N$  de composición de conceptos base o conceptos de nivel inferior.

Parece adecuado también pensar en una superficie de nivel 3 que pudiera tener cuencas para los valles que conectan las cuencas de nivel 2, es decir, para aquello que compara propiedades, leyes o conexiones. Por ejemplo, la invariancia de las ecuacio-

nes de la física contaría como una cuen-  
ca de nivel 3. La ley del cuadrado de la  
distancia, también.

Dado que hemos partido de la su-  
perficie de nivel 1 como compuesta de  
términos de clases naturales (zebra, ca-  
ballo etc.), deberemos prever una su-  
perficie de nivel anterior, nivel 0, digamos,  
con cuencas asociadas a objetos particu-  
lares de los que los conceptos de clase son  
su abstracción. Por ejemplo, el burro Pla-  
tero, por ser burro tiene que estar aso-  
ciado a la cuenca de nivel 1 que corres-  
ponde a *burro*, pero esa cuenca está en la  
superficie superior a la que le correspon-  
de a los individuos. Así, tendríamos un  
nivel cero que se corresponde con casos  
individuales en donde a Platero y al burro  
de Winni Pooh les corresponden sendas  
cuencas y que, estas dos cuencas están  
conectadas por un río o valle correspon-  
diente al concepto de *burro* que, a su vez,  
está representado por la cuenca *burro* en el nivel 1.

Llegados a este punto es que podemos preguntarnos si el concepto de Platero como burro individuo, no podría hacerse corresponder, a su vez, con una operación de composición conceptual que tomara como insumos los aspectos con los que sería po-  
sible identificar a Platero. Recuérdese que estando interesados en el paisaje concep-  
tual al interior de una entidad tomada como intérprete, no escapa a nuestro horizonte que ese paisaje tiene relevancia en la taxonomía presupuesta para el mundo. Entonces, en la esfera conceptual, los conceptos de “pequeño, peludo, suave, (...) de algodón” – para evocarlo en los términos de su autor Juan Ramón Jiménez – podrían ser utilizados en una composición (conceptual) para obtener el concepto de Platero. En este caso, los conceptos utilizados para la composición también podrían entenderse como de un nivel previo a obtener el de Platero y entonces tendríamos una sucesión de niveles en los que para cada concepto hay otros que le son constitutivos en una operación de com-  
posición conceptual. Creemos que esto no trae dificultades, aunque se pierde la co-  
rrespondencia entre niveles de individuos, de clases y de conceptos relacionales.

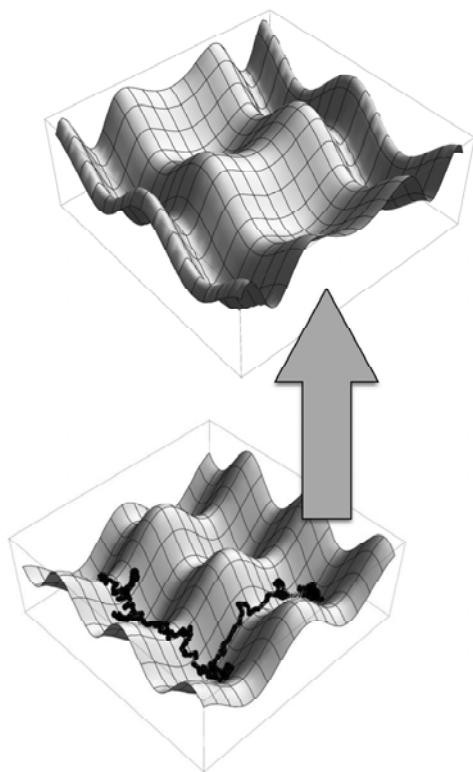


Figura 7. Composición conceptual multínivel.

Por otra parte, la idea de obtener un objeto individual a partir de sus propiedades, constituye sin duda una operación de composición conceptual inter-nivel (cf. sección 1.1). La cuenca de nivel 0 *Platero* se obtendría ahora como resultado de operar con cuencas de nivel 1 (burros, cuatro patas, peludo, suave etc.). Es decir, el individuo puede ser obtenido por una operación que va de un nivel superior al inferior.

Si en cambio se obtuviera el objeto individual a partir de sus partes, (pata delantera derecha de *Platero*, pelo de *Platero* etc.) esta operación sería una composición conceptual dentro del mismo nivel 0. Si a su vez tomamos esa pata y pensamos en sus tejidos, átomos etc., eso implica conceptualizarla a partir de cuencas de nivel 1 y 0 nuevamente y no de nivel -1.

Estas consideraciones nos llevan a pensar que la operación de composición conceptual es algo que está disponible dentro de un mismo nivel o entre niveles y no es necesario que la composición vaya de componentes del nivel inferior al superior. Se trata más bien de una posibilidad de concebir cada cuenca como el resultado de operar otras cuencas del mismo o de diferente nivel. Esta posibilidad es lo que hace robusta la red conceptual dentro del paisaje multinivel.

Lo más prudente entonces es no contar con que exista una último nivel de conceptos base a los que indefectiblemente se llegue buscando los conceptos componentes usados en la operación. Por este motivo es que ya desde el principio pusimos en duda que existiera un conjunto tal.

## 2 APLICACIONES DEL MODELO

Uno de los problemas típicos del aprendizaje es que el sujeto no pueda modificar su conducta en función de la información adquirida del entorno. Encontramos un ejemplo extremo en el comportamiento ludopático en el que el sujeto no es capaz de procesar los fracasos en el juego y modificar su estrategia o incluso cesar en su intento. Estos comportamientos se enmarcan en un espectro más amplio que podemos agrupar bajo la característica de la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre en las que el aprendizaje por experiencia se torna crucial (cf. Rangel *et al.*, 2008; Gluth *et al.*, 2013). Para emular esta situación y estudiar el comportamiento saludable y el patológico, se ha diseñado un experimento: *Iowa Gambling Task*, (IGT) (cf. Bechara *et al.*, 1994). Este experimento consiste en proponer a los sujetos que elijan una carta por vez de uno de cuatro mazos (A, B, C y D), sabiendo solamente que ganarán dinero con cada elección y que, en ocasiones, luego de esa ganancia puede sobrevenir una pérdida. Se les pide que maximicen sus ganancias. Los participantes tienen que aprender por ensayo y error la magnitud de la ganancia y la probabilidad de las pérdidas. Los participantes desco-

nocen que dos de los mazos (C y D) son ventajosos a largo plazo, presentando bajos niveles de ganancia, pero acompañados de bajos niveles de pérdidas, dando una mayor ganancia neta. Ser exitoso en esta tarea está dado por tener en cuenta la información de las elecciones previas para decidir sobre las elecciones futuras (Turnbull *et al.*, 2005; Weller *et al.*, 2009).

Este experimento se llevó a cabo con 10 sujetos (5 mujeres y 5 varones) a lo largo de 200 pruebas (cf. Lavin *et al.*, 2014). Posteriormente se aplicó el modelo de aprendizaje de cuencas conceptuales para intentar dar cuenta de los resultados reales. Es decir, esta ocasión constituye un desafío de ajuste empírico para testear la versatilidad del modelo y el tipo de ajuste que puede lograrse. Los resultados de esta aplicación del modelo muestran que pudo representar adecuadamente los datos del experimento con sujetos (Fuentes *et al.*, 2014).

En función del foco de interés del presente artículo en la construcción y ajuste del modelo, vale la pena señalar las modificaciones realizadas para enfrentar este nuevo desafío.

Las expresiones (1) y (2) son ecuaciones diferenciales continuas que debieron ser discretizadas de un modo más drástico que el necesario anteriormente que solo consistía en pasar de una curva a un histograma. La dinámica del modelo debe acomodarse de la siguiente manera: dado cuál fue el mazo elegido en el turno  $t$ , el mazo a ser elegido en el turno  $t+1$  será el que cumpla con la siguiente ecuación:

$$k / \max [Pk(t) - Pi(t) + \zeta k(t)] \quad \forall i = A, B, C, D \quad (3)$$

lo cual indica que el mazo elegido en el instante  $t+1$  será aquel que maximice el gradiente estocástico dinámico para la probabilidad.

Dado que en cada turno solo una de las cuatro posibilidades es seleccionada, la probabilidad asociada evoluciona según las visitas a cada mazo. Si el sujeto recibe en cada turno el feedback positivo (de ganancia) junto con un posible feedback negativo (de pérdida), que llamamos  $\alpha(t)$ , entonces la probabilidad para ese mazo se incrementará o disminuirá proporcionalmente al contenido de esa información. En el caso de un sujeto normal,  $\alpha(t)$  será igual al resultado neto entre las ganancias y las pérdidas. En los casos patológicos el comportamiento solo tomará en cuenta las ganancias. La probabilidad se actualizará según la siguiente ecuación:

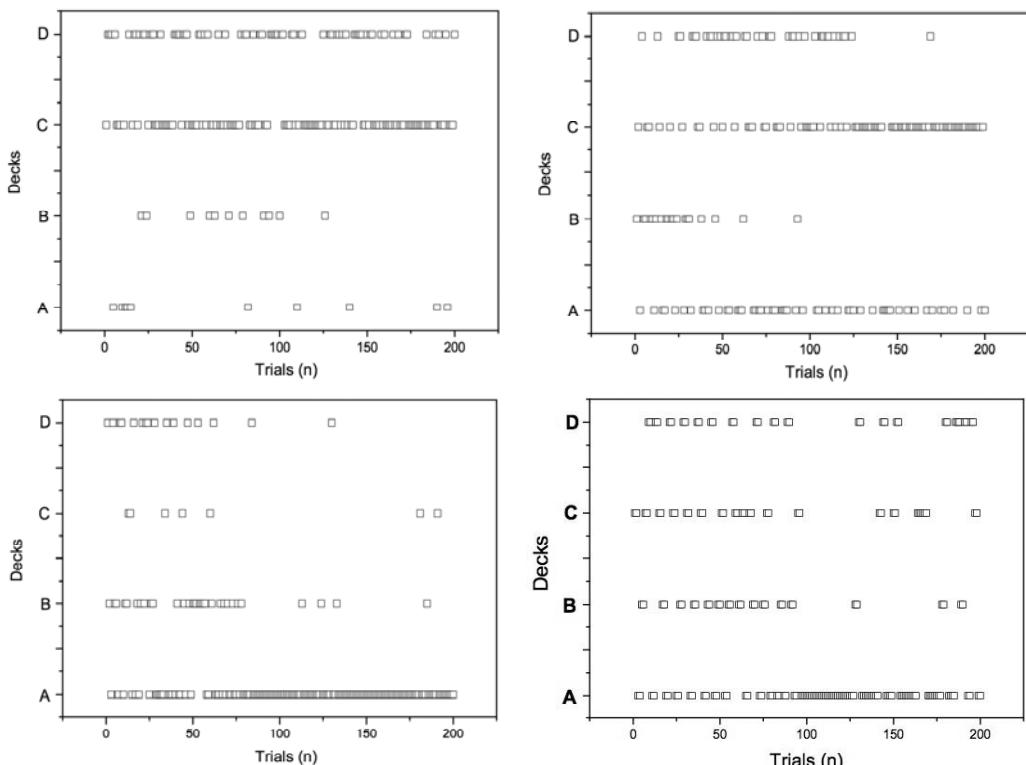
$$P_i(t+1) = \frac{c_i(t)}{\sum_{j=1}^4 c_j(t)}, \quad (4)$$

donde  $c_i$  es el agregado de todas las veces que el mazo  $i$  fue visitado:

$$c_i(t) = \sum_{t=1} \alpha(t) \text{ if } c_i(t) \geq 0; \text{ or } c_i(t) = 0 \text{ if } \sum_{t=1} \alpha(t) < 0 \quad (5)$$

Entonces, si en el turno  $t$  el mazo  $i$  fue elegido,  $c_i(t)$  será, a través del *feedback* dado por  $\alpha(t)$ , el valor asociado a la ganancia menos la pérdida o bien solo a la ganancia, según el sujeto sea normal o patológico, respectivamente. En cambio, si en ese turno el mazo  $i$  no fue elegido,  $c_i(t)=0$ . Por lo tanto, el modo en que  $\alpha(t)$  contribuye a  $c_i(t)$  permitirá modelar los dos tipos de comportamientos.

La ecuación (3) muestra la dirección en la que el estímulo será traccionado por el gradiente de la distribución de probabilidad local más una contribución adicional azarosa dada por el segundo término, como anteriormente. Es decir, el gradiente juega el mismo papel que el potencial para el caso continuo. Para cada punto  $x$  del espacio



**Figura 8. Comparación de datos experimentales en sujetos y en simulaciones.** A la izquierda, simulación: (a) comportamiento normal; (c) comportamiento patológico. A la derecha, datos reales: (b) comportamiento normal; (d) comportamiento patológico. En la figura se muestran los resultados de la simulación y los datos originales del comportamiento modelizado. Los datos de individuos normales han sido tomados y adaptados de Lavin *et al.*, 2014. Los datos patológicos fueron tomados y adaptados de Steingroever *et al.*, 2013, p. 18, figura 7. Los mazos A y B fueron renombrados para hacer coincidir las frecuencias de pérdidas y ganancias con los de la simulación.

habrá una distribución local relevante para la evolución del sistema y esa distribución cambia en el tiempo como en un paisaje dinámico. Así, la dirección de evolución para un estímulo en cierto instante está dada por la pendiente en ese paisaje y esa pendiente cambia para el turno siguiente sucesivamente. Adicionalmente, el paso del estímulo por el punto  $x$  en el turno  $t$  cambiará la distribución de probabilidades en  $x$  para el turno  $t+1$ .

De este modo el paisaje relevante para explicar la dirección de evolución en  $t$  es aquél presente en el instante (turno)  $t-\tau$ . En suma, podemos prever que, en sucesivos instantes, el estímulo se moverá hacia la región que cuenta como un máximo de la probabilidad en el entorno de  $x$ . Para ajustar el modelo al escenario discreto de cuatro mazos debemos encarar varias tareas. Primero, debemos concebir la evolución en sí misma de forma discreta para poder llevar adelante la simulación, como se hizo en el modelo inicial. Esto implica elegir un ritmo en los pasos de la simulación. En segundo término, debemos tomar en cuenta que el movimiento de una extracción a otra puede ir de un mazo a otro sin la restricción de pasar por los mazos (puntos) intermedios, con lo cual la yuxtaposición en el espacio ya no es una condición relevante. Esto nos lleva a que el “movimiento” de un mazo a otro es un salto del mazo  $i$  elegido en  $t$  a otro mazo  $k$  a ser elegido en  $t+1$ , y esta elección dependerá de la distribución de probabilidades para los cuatro mazos en el tiempo  $t$ . La elección en  $t+1$  será la del mazo para el que la probabilidad haya sido máxima en  $t$ , más una contribución azarosa. Este criterio es el que está representado en la ecuación (3).

Se puede apreciar que el modelo ha reproducido exitosamente el comportamiento de los sujetos y tal resultado se ha logrado solamente alterando el factor  $\alpha(t)$ . En la simulación (a) contabiliza ganancias y pérdidas, lo cual arroja resultados altamente coincidentes con los datos de comportamiento normal (b), mientras que la simulación (c) solo contabiliza las ganancias, lo cual brinda diferentes resultados, esta vez altamente coincidentes con los datos de comportamiento patológico (d).

### 3 POSTULADOS, COMPROMISOS Y CONSECUENCIAS DEL MODELO

#### 3.1 POSTULADOS DEL MODELO

Para la construcción del modelo multinivel de cuencas conceptuales serán necesarios los siguientes postulados, aparentemente bastante aceptables.

- (1) los sensores de cada sujeto tomado como receptor generan ciertas configuraciones de corrientes neuronales y conexiones sinápticas;

- (2) la repetición con *feedback* produce facilitación positiva o negativa según lo mostrado fisiológicamente (con memoria y plasticidad neuronal);
- (3) las configuraciones colectivas estables de conexiones neuronales son el sustrato de los recuerdos de la red de ciertos grupos de neuronas y operan como un atractor en un sistema de redes neuronales artificial (en realidad estas últimas tenían la pretensión de operar como los grupos de neuronas);
- (4) en la superficie de “energía potencial” que representa el espacio de los atractores, cada atractor está representado por una cuenca y hay valles que conectan atractores;
- (5) tales atractores al activarse (ya sea por la percepción o por alguna evocación interna) funcionan como estímulo a un segundo grupo de neuronas;
- (6) al considerar este segundo grupo como nivel 2, las cuencas de la superficie de los atractores en esta superficie de nivel 2 están correlacionadas con los valles del nivel 1;
- (7) en general, las cuencas de nivel  $n$ , están correlacionadas con los valles de la superficie de nivel  $n-1$ ;
- (8) hay un nivel 0 para los objetos individuales;
- (9) las cuencas de cada nivel pueden obtenerse como resultado de la composición entre cuencas del mismo nivel o de otros niveles, superiores o inferiores.

Esta serie de postulados no parece problemática. De (1) a (4), serían aceptados fácilmente en el marco de las neurociencias y las redes neuronales (cf. Perlovsky, 2001). No son postulados propios de nuestro modelo, sino que forman parte del acervo común en estas áreas de la ciencia. Los postulados de (5) a (9) son precisiones que nos ayudan a pensar el modelo y permitir que la teoría semántica elegida tenga algún sustrato que le sea afín. Es decir, se espera que una teoría del significado que tenga en cuenta los conceptos y su referencia pueda articularse adecuadamente con el sustrato del sujeto epistémico portador de esos conceptos. En particular el postulado (8) fija un nivel convencional y el 9 permite que esa convención no juegue un papel esencial en el modelo, sino que facilita concebir a la red multinivel sin necesidad de un nivel básico, lo que refuerza el carácter convencional de (8).

### 3.2 COMPROMISOS Y CONSECUENCIAS

Nos podríamos preguntar en qué medida hace falta creer que los intérpretes humanos tenemos este tipo de mecanismo, procesos y entidades dentro de nuestras cabezas. La respuesta más simple es que se trata de un modelo y que no hay todavía necesidad de creer que los elementos del modelo existan y, para un instrumentalista, no habrá necesidad nunca de creerlo. Afortunadamente el éxito o fracaso del modelo no depende de tales compromisos.

La noción de éxito al construir un modelo sin duda está ligada a qué aspectos del proceso en cuestión se desean modelizar. A lo largo del trabajo hemos especificado varios aspectos que se espera poder abarcar con el modelo (no determinismo de la comunicación, ambigüedad en la interpretación, aprendizaje, patologías del aprendizaje etc.) y en este sentido es que se habla de éxito del modelo. No obstante, también puede mostrarse exitoso un modelo al dar como consecuencia una buena descripción de aspectos adicionales que no habían sido objeto de la modelización proveyendo así argumentos más potentes en favor del modelo. En este sentido se aplican todos los criterios de éxito empírico que son habituales al comparar teorías rivales o al comparar teorías con su apoyatura empírica.

Como en otras áreas del conocimiento, en la medida que el modelo sea exitoso en el sentido señalado, será tentador pensar que estas cuencas existen en el espacio del potencial conceptual y que de algún modo en un futuro las neurociencias podrán dar cuenta de tal estructura. No obstante este comentario, parece apresurado y colateral preguntarse por el compromiso ontológico de los elementos incluidos en una herramienta concebida como modelo. Como la lectora atenta ya ha detectado, el modelo no tiene capacidad predictiva en el sentido determinista y esto se debe a que hemos intentado preservar el carácter no determinista del proceso. No hay manera de predecir en qué punto del espacio conceptual quedará el estímulo luego del proceso de relajación. Tampoco hay manera de predecir cómo se modificarán las cuencas. Pero hay una fuerte predicción de que el estímulo que llegó al receptor no quedará sin producir efectos, siempre que nos refiramos al proceso de relajación con aprendizaje o modificación duradera y no al proceso de relajación de los estímulos de tipo hipotético en los que la topografía de cuencas no queda modificada de modo permanente. Para los casos de aprendizaje o modificación permanente, el modelo permite una predicción de nivel macroscópico sobre el cambio de la estructura aun cuando no permite una predicción del estado microscópico. Permite inferir que la distribución de probabilidad no podrá seguir siendo la misma luego de la entrada de un estímulo, pero no podrá inferirse qué nueva distribución de probabilidades habrá en cada cuenca.

Para la construcción de este modelo hemos utilizado un espacio topológico e incluso podríamos utilizar un espacio métrico. Parece útil esta herramienta para modelizar la dinámica de modo que se preserven características que parecen bastante aceptables para un espacio conceptual como por ejemplo densidad, continuidad, conexidad, derivabilidad y alguna medida de vecindad. En particular la idea de continuidad es útil para la asignación de distribución de probabilidades. La conexidad permitirá en etapas más avanzadas del modelo mostrar por qué cualquier concepto puede estar conectado con cualquier otro en este espacio. Si esto no fuera posible, el espacio conceptual contendría zonas estancas con cuencas conceptuales desconectadas unas de otras y esto más bien podría asimilarse a una patología y no a una estructura típica y deseable para un intérprete. La derivabilidad es necesaria para la dinámica del proceso de relajación del estímulo entrante y para la propia modelización de las cuencas conceptuales. Quizás la menos importante de las características que pueden ser utilizadas de un espacio métrico es la de vecindad ya que esta característica podría lograrse de un modo no espacial. Digamos que un concepto puede ser vecino a otro sin necesidad de que sus cuencas estén cercanas en el espacio conceptual que estamos construyendo en el modelo. Esto muy bien podría ser el caso de conceptos fuertemente asociados por muchos estímulos que produjeron una alta probabilidad en la conexión entre ellos y no por estar cercanos en el espacio métrico.<sup>4</sup> De cualquier modo es una característica disponible que quizás en etapas posteriores podamos aprovechar aun cuando en esta etapa del modelo no parece ser de interés.

Una consecuencia que se extrae del modelo y que resulta de gran interés es la casi nula importancia de la configuración inicial del sistema del receptor. Dada cualquier configuración inicial, el solo uso de la estructura llevaría a la modificación de las cuencas de un modo acorde con el impacto de los estímulos y su procesamiento dentro de la estructura. En este sentido el modelo se muestra muy rico en dar cuenta de la adecuación de los intérpretes a los usos habituales por repetición de la afluencia de estímulos.

En cuanto al uso de distribuciones de probabilidad existe la posibilidad de utilizar probabilidades condicionales para indicar la probabilidad de que el estímulo se ubique en un determinado concepto dado que ha habido cierta interacción pasada. Esta probabilidad de  $x$  dada la interacción anterior debería ser implementada con un tipo de secuenciador temporal que permitiera fijar el alcance de la interacción anterior. Se debería evitar el problema de que la interacción anterior al instante  $t$  no tiene un

<sup>4</sup> Vale la pena notar que según Gärdenfors (2000) la distancia en un espacio conceptual está asociada con la similitud entre los conceptos representados en ese espacio (Véanse las secciones 1.2 *Conceptual spaces as a framework for representations* y 1.6.5 *Similarity as a function of distance*). Esta idea podría ser explotada en nuestro modelo, aunque en el sentido de un tipo particular de conexión entre conceptos.

instante final (el conjunto de instantes anteriores no tiene supremo). Para poder contabilizar esta interacción sin padecer el problema de que el límite no pertenece al conjunto, sería apropiado utilizar un tiempo refractario, por ejemplo. Este tiempo refractario sería una duración anterior que culmina en  $t$  durante la cual no se contabilizan cambios en la distribución de probabilidad y por lo tanto no cuentan como interacción anterior. Finalmente la probabilidad condicional sería la probabilidad de  $x$  en  $t$  dado que ha habido una interacción anterior hasta  $t - \tau$ . En donde  $\tau$  indica este tiempo refractario. De modo equivalente hemos elegido utilizar una función de distribución de probabilidad continua y derivable en  $x$  para poder referirnos al cambio desde su derivada direccional e incluimos el tiempo refractario como un desfasaje temporal ( $t - \tau$ ) en la función de probabilidad.

Al principio hemos advertido que no nos ocuparíamos de modelizar la interacción entre el emisor y el mensaje. Creemos que este modelo desarrollado no será adecuado para dar cuenta de tal interacción. En el caso del emisor hay otras características que hacen diferente su modelización. Por ejemplo, en este trabajo hemos mostrado que el intérprete no es pasivo respecto de la información que recibe como estímulo, sino que la procesa de modo activo por medio de su propia topografía o estructura conceptual, pero esa manera de ser activo no está sujeta a decisiones, más bien es la parte que el intérprete aporta para el resultado final, pero sin tomar decisiones. El intérprete no tiene otra alternativa que dejar interactuar su topografía conceptual con el estímulo que ha recibido. En eso consiste la recepción del mensaje según este modelo. En cambio, en el emisor, habrá decisiones y probablemente otros mecanismos que involucren procesos de emergencia. El emisor, luego de todos los procesos emergentes que involucrarán varias capas o niveles conceptuales, tendrá que elegir la secuencia de palabras o signos para emitir el mensaje. Esto suma una serie de peldaños que aquí no están modelizados.

Finalmente, aunque la lectura pudo haber motivado esta inquietud mucho antes, nos podríamos preguntar acerca de cuál noción de concepto estamos utilizando para modelizar la interacción entre el receptor y el mensaje, habida cuenta de que el modelo tiene como una de sus componentes principales un espacio conceptual. En principio hemos intentado una modelización de esta interacción que no presupusiera una teoría en particular de los conceptos. Hasta aquí, el modelo no nos obliga a elegir entre varias de las teorías en que se han abordado los conceptos (Frege, Kripke, Putnam, entre otros). Si en este punto del desarrollo eligiéramos una semántica filosófica en particular, entonces estaríamos más tarde violentando el modelo para que se mantenga ajustado con esa elección. Preferimos no tener tal tipo de compromiso en la medida en que el modelo no lo requiera. Lo desarrollado hasta aquí es compatible con varias teorías sobre conceptos.

Lo que debe ser puesto de relieve es que modeliza la dinámica y el cambio de conceptos y de este modo va en el camino de contribuir a una semántica cambiante. Este modelo apunta a dar cuenta del cambio del alcance de los conceptos a través de su uso y no concibe el cambio como lo hacen las semánticas habituales, en las que los cambios posibles son solo correcciones respecto de errores en la referencia o en la interpretación. Este modelo no toma el cambio como una corrección sino como el estado natural de la estructura conceptual. Y en este sentido es esperable que tarde o temprano deba resultar diferente de las semánticas hasta ahora propuestas. Por este motivo es previsible que al modelizar la interacción entre el intérprete y la información del mensaje, en algún momento nos enfrentemos con las teorías de conceptos formuladas hasta la fecha. Pero no nos ocuparemos de este enfrentamiento todavía. Valga advertir que las semánticas propuestas hasta ahora han avanzado hasta lograr teorías de semánticas probabilísticas (Jurafsky, 2003), pero todavía no han incursionado en semánticas dinámicas.

#### 4 FORTALEZAS EXPLICATIVAS DEL MODELO

Con unos pocos parámetros el modelo representa el proceso básico de emergencia de atractores en una dimensión conceptual  $x$ , contemplando el cambio, la combinación y la desaparición de estos atractores.

Cuenta desde el comienzo con la característica de que la comunicación no es un proceso determinista en el que la información produce indefectiblemente un determinado resultado en el receptor. Esto permite mostrar la posibilidad de equívoco y la ambigüedad, entre otras características notorias del lenguaje natural. Por otra parte, al proponer que el receptor cuenta con una topografía previa que oficia como potencial en el que tiene lugar un proceso de relajación de un concepto activado por el estímulo entrante, permite comprender por qué la comunicación en términos generales, es efectiva. Si el proceso fuera tan indeterminista que no existiera siquiera una tendencia del receptor a organizar los estímulos sobre la base de cierta red conceptual, el lenguaje mismo sería incomprendible y el éxito en la comunicación sería milagroso. Es decir, por un lado, explica por qué un receptor puede comprender o decodificar de modo diferente un mismo mensaje y también por qué un mismo receptor en diferentes momentos puede decodificar de manera diferente el mismo mensaje. También permite comprender el éxito en el uso del lenguaje ya que tanto emisor como receptor logran comunicarse en virtud de que el receptor va recibiendo información que interactúa con su configuración conceptual, incluso de manera de modificarla de modo duradero.

No se trata de una explicación con leyes deterministas de tipo nomológico-deductiva. Se trata de una explicación en el sentido de mostrar cómo algún resultado final fue posible. En particular muestra cómo es posible que alguien cambie su estructura conceptual al interactuar con otros, con el entorno o con su reflexión, cómo es posible que un mismo intérprete lea dos veces un mismo texto y encuentre cosas diferentes y cómo es posible que algunas personas tengan la capacidad de adaptar su red conceptual para nuevos usos mientras que otros no parecen poder adquirir novedades.

El modelo también permite dar cuenta del aprendizaje mediante adquisición de información que es capaz de modificar las relaciones entre conceptos, el alcance de los conceptos e incluso la composición o integración de los conceptos cuando se los concibe como el resultado de alguna operación entre conceptos, del mismo nivel o de otros niveles. Vale la pena resaltar que, también permite dar cuenta de los modos patológicos de operar de una configuración conceptual (como mostramos en la sec. 2), a saber: las configuraciones que no tienen capacidad de modificación o bien las configuraciones que son modificadas de manera permanente por cada estímulo en vez de que la configuración de cabida el estímulo entrante para obtener un estado prototípico en particular. En otras palabras, una red de cuencas conceptuales que se mantenga invariante respecto de los procesos de relajación de conceptos activados fuera del mínimo, cuenta como una red de conceptos que no se altera por el uso de conceptos con diferente alcance por parte de los demás hablantes. Es decir, el receptor opera como si nada de lo que recibe de información o estímulo pueda hacerle cambiar algo sobre su red conceptual. Esta dificultad indicaría una imposibilidad de aprendizaje.

En el otro extremo está la red de cuencas que está modelada completamente por el estímulo, de manera que no hay cuencas que operen como atractores sino que el mismo estímulo crea modificaciones duraderas que pasan a ser los puntos centrales de las cuencas. Este modo de operar de una red se asimila a un receptor que no tiene posibilidades de rechazar una información como desajustada con la red conceptual y de ese modo no cabría la posibilidad de que tal receptor objetara la información recibida. Mientras que el primer caso cuenta como una red obcecada, el segundo caso cuenta como una red obsecuente. Ambos extremos constituyen modos patológicos de operar con la información entrante.

El modelo también contempla que la asociación de conceptos pueda dar lugar a conceptos de otro orden y mantener una interacción entre conceptos de diferentes niveles. Un fenómeno que será de mucho interés para esta investigación es la posibilidad que brinda este modelo para dar cuenta de cambios de fase, es decir, reordenamientos de la red por efectos colectivos. En particular habrá estímulos que, o bien por su largo tiempo de relajación o bien por el excesivo apartamiento del concepto ac-

tivado respecto de los conceptos prototípicos, serán candidatos más probablemente al rechazo que a la modificación de las cuencas. Dicho en términos de algún ejemplo, si un hablante pide a su interlocutor que imagine el camino más corto entre dos puntos del universo y luego pide que imagine que dos puntos muy alejados del universo están en conexión causal en pocos instantes, es altamente probable que el receptor intente rechazar la información recibida, en vez de acomodar sus cuencas de manera caritativa para dar lugar a una interpretación favorable al discurso recibido. Sin embargo, si se continúa con el proceso de estímulos hipotéticos en los que el receptor se ve obligado una y otra vez a procesar conceptos, todos alejados suficientemente de sus conceptos prototípicos, puede ocurrir que se llegue a una situación en la que un conjunto amplio de conceptos pueda reacomodarse de manera drástica y conjuntamente dando como resultado un cambio de fase, una configuración totalmente nueva de la topografía de cuencas.

Creemos que esta situación sería una buena representación del cambio de cosmovisión que puede tener lugar cuando varios conceptos se ven presionados a cambiar de manera conjunta para poder adquirir una nueva red de conexiones entre cuencas conceptuales, que se pueda ajustar a una nueva taxonomía. De este modo el modelo sería también fructífero en dar cuenta de por qué el cambio de teorías o el cambio de cosmovisión tiene el aspecto de un cambio rupturista ya que queda representado por un cambio de fase en el paisaje conceptual.❸

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a Carlos Verdugo, Justina Díaz Legaspe, Eduardo Barrio y a los árbitros anónimos por sus valiosos comentarios.

*Miguel FUENTES*

Instituto de Investigaciones Filosóficas, IIF-SADAF,  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Santa Fe Institute, Nuevo México, USA.

*fuentesm@santafe.edu*

*Hernán MIGUEL*

Universidad de Buenos Aires,  
Sociedad Argentina de Análisis Filosófico (SADAF),

Universidad de Buenos Aires, Argentina.

*ciencias@retina.ar*

Dynamic landscapes  
to model communication and learning

ABSTRACT

When trying to model the interaction between the incoming information and the receiver, several important features should be taken into account. Some of them could appear to the intuition as a bias in communication at a first glance. But after a deeper inspection these features arise as constitutive of such communication. The interaction mentioned seems to be undeterministic so that the information is not a sufficient condition to fix the final state of the receiver. Besides, when the stimulus enter the receiver make her to consider some concepts laying apart from the prototypical one. This process should yield a modification in the conceptual configuration of the receiver, leading to a much better way to process the next stimulus than its previous occurrences. This can give account of the learning coming from the process of interpretation itself. The present article constitutes an up to date research in such a model and points out the development obtained in a much wider scope to be explored. In doing so, some aimings of the research program are underlined, although are not developed yet. On the other hand, the goals achieved until now show a very valuable results when we fix the model to be applied to communication and learning.

KEYWORDS • Semantics. Complex systems. Dynamic landscapes. Learning. Pathologies of learning. Communication. Interpreter.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNÁRDEZ, E. De la “lingüística catastrofista” a la lingüística cognitiva. *Revista de Filología Alemana*, 2, p. 181-99, 1994.
- BOD, R.; HAY, J. & JANNEY, S. (Ed.). *Probabilistic linguistics*. Cambridge/London: The MIT Press, 2003.
- BORLAND, L. Microscopic dynamics of the nonlinear Fokker-Planck equation: a phenomenological model. *Physical Review*, 57, 6, p. 6.634-42, 1998.
- DAVEY, N. & HUNT, S. The capacity and attractor basins of associative memory models. In: *Proceedings 5th International Conference on Artificial and Natural Neural Networks*. Heidelberg: Springer, 1999. p. 340-57.
- DRETSKE, F. *Knowledge and the flow of information*. Cambridge: The MIT Press, 1981.
- FUENTES, M. A. & MIGUEL, H. Self generated dynamics landscape: the message-receiver interaction case. *Physica A*, 392, 10, p. 2.492-7, 2013.
- FUENTES, M. A. et al. Stochastic model predicts evolving preferences in the Iowa gambling task. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 5, 167, p. 1-10, 2014.
- GARCÍA, A. L. Teoría de catástrofes y variación lingüística. *Revista Española de Lingüística*, 26, 1, p. 15-42, 1996.
- GÄRDENFORS, P. *Conceptual spaces. The geometry of thought*. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- GLUTH, S. et al.. Neural evidence for adaptive strategy selection in value-based decision-making. *Cerebral Cortex*, 24, p. 1-13, 2013.
- JURAFSKY, D. Probabilistic Modeling in Psycholinguistics: Linguistic Comprehension and Production. In: BOD, R.; HAY, J. & JANNEY, S. (Ed.). *Probabilistic Linguistics*. Cambridge/London: The MIT Press, 2003. p. 39-95.

- LAVIN, C. et al. Pupil dilation signals uncertainty and surprise in a learning gambling task. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 7, p. 218, 2014.
- MOORE, T. (Ed.). *Cognitive development and the acquisition of language*. New York: Academic Press, 1973.
- MOTTER, A. E. et al. Topology of the conceptual network of language. *Physical Review E*, 65, 065102, 2002.
- PERLOVSKY, L. *Neural networks and intellect: using model-based concepts*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- RANGEL, A. et al. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, p. 545-56, 2008.
- RONZITTI, G. (Ed.). *Vagueness: a guide*. Dordrecht: Springer, 2011.
- ROSH, E. On the internal structure of perceptual and semantic categories. In: MOORE, T. (Ed.). *Cognitive development and the acquisition of language*. New York: Academic Press, 1973, p. 111-44.
- TURNBULL, O. H. et al. Emotion-based learning and central executive resources: an investigation of intuition and the iowa gambling task. *Brain Cognition*, 57, p. 244-7, 2005.
- WADDINGTON, C. H. *The strategy of the genes*. London: Routledge, 1957.
- WELLER, J. A. et al. Do individual differences in Iowa Gambling Task performance predict adaptive decision making for risky gains and losses? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32, p. 141-50, 2009.
- ZAMORANO, A. Teorías del caos y lingüística: aproximación caológica a la comunicación verbal humana. *Revista Signa*, 21, p. 679-705, 2012.





# ¿Nos podemos deshacer de los modelos de las representaciones mentales en ciencia cognitiva?

*Melina GASTELUM VARGAS*



## RESUMEN

En este artículo pretendo dar cuenta de los modelos que se han usado para entender el término de representación mental desde los diversos frentes que han aparecido en la filosofía de la mente, concentrándome y defendiendo sobre todo una postura en la que nos deshagamos de las nociones clásicas de representación y se tomen algunas de éstas desde una postura enactiva y situada. Para ello presentaré brevemente un recuento de dichas posturas para luego concentrarme a detalle en la manera de defender un tipo de representación desde las posturas enactivistas y situadas. Con ello caracterizaré el tipo de representación que es necesaria para dar cuenta de fenómenos perceptivos, en especial daré algunos ejemplos de la percepción de la temporalidad a lo largo del trabajo a modo de instancias donde es necesario este tipo de representación situada que se defenderá.

**PALABRAS-CLAVE** ● Representación mental. Representación en acción. Afordancia. Intencionalidad. Enactivismo. Cognición situada.

## INTRODUCCIÓN

En la corta historia de las ciencias cognitivas se han propuesto diversas teorías de la representación para determinar, en términos de explicación, el tipo de procedimiento que subyace a la forma en que los sistemas, sean biológicos o artificiales, interactúan con un entorno. Los diversos descubrimientos hechos desde la etología hasta la neurociencia cognitiva y el computacionalismo han generado un ámbito de discusión interesante que gira en torno a la representación, término que arrastra e influye en la noción de racionalidad, lenguaje, conocimiento, pensamiento, intencionalidad, inteligencia y todo lo que constituye a los estados mentales.

En concreto, en este artículo pretendo dar cuenta de los modelos que se han usado para entender el término de representación mental desde los diversos frentes que han aparecido en la filosofía de la mente, concentrándome y defendiendo sobre todo

una postura en la que nos deshagamos de las nociones clásicas de representación y se tomen éstas desde una postura enactiva y situada. Para ello presentaré brevemente un recuento de dichas posturas para luego concentrarme a detalle en la manera de defender un tipo de representación desde las posturas enactivistas y situadas. Con ello caracterizaré el tipo de representación que es necesaria para dar cuenta de fenómenos perceptivos, en especial daré algunos ejemplos de la percepción de la temporalidad a lo largo del trabajo a modo de instancias donde es necesario este tipo de representación situada que se defenderá.

Veamos entonces brevemente algunos antecedentes de esta discusión para entonces poder entrar en las variaciones del concepto de representación.

La ciencia cognitiva clásica (cf. Fodor & Pylyshyn, 1981) está fundada en la idea de que la mente es una computadora digital y que el pensar es computar. Como la computación es usualmente entendida como una manipulación de representaciones gobernada por reglas (cf. Haugeland, 1985), esta idea fundacional requiere el supuesto de que la mente contiene representaciones de aspectos del ambiente. El concepto de representación mental es pues un concepto básico de la teoría computacional de la mente, según la cual

los estados y procesos cognitivos están constituidos por la ocurrencia, la transformación y el almacenamiento (en la mente/cerebro) de estructuras que soporan información de un tipo u otro. Sin embargo, con la suposición de que una representación es un objeto con propiedades semánticas (contenido, referencia, condiciones de verdad, valores), una representación puede ser construida más ampliamente como un objeto mental con propiedades semánticas. Como tal, las representaciones mentales (y los estados y procesos que corresponden a ellas) no necesitan ser solamente entendidas en términos computacionales (Pitt, 2014, p. 1).

Estas nociones son las que hoy se suelen conocer como las teorías clásicas o tradicionales de la mente. Sin embargo, muchas de las ahora llamadas corrientes alternativas se han opuesto a estas tesis. Uno de los más famosos es Rodney Brooks (1991, 1999) quien diseñó unos insectos artificiales con lo que apeló a una arquitectura subsumida que consiste en módulos de control diseñados para habilidades básicas (como esquivar algo). Su argumento es que dado que él puede construir robots que tienen un comportamiento inteligente sin necesidad de manipular representaciones en el sentido tradicional entonces puede ponerse en duda la idea de que se requieren representaciones internas para comportamiento inteligente en humanos.

Un problema es que en estas aproximaciones a modelos de la mente como el recién mencionado de Brooks, rara vez se especifican las características precisas de qué se entiende como representación mental. En este trabajo emprenderé la tarea de mostrar varias caracterizaciones y problemas de la conceptualización de la representación mental para poder así tomar una definición que nos convenga en términos explicativos para hablar de experiencias perceptuales o de procesos cognitivos más complejos.

Como acabo de mencionar, una teoría representacional de la mente en términos de la cognición clásica entiende a la mente afirmando que los procesos mentales son secuencias de estados mentales. Estos estados mentales son intencionales pues se refieren a cosas externas al sujeto y pueden ser evaluados respecto a ciertas propiedades como la adecuación o la precisión. Los estados mentales intencionales son relaciones entre representaciones mentales. Mediante las propiedades semánticas de las representaciones mentales se explica la intencionalidad de los estados mentales. Las propiedades semánticas de las representaciones mentales se expresan, clásicamente, de manera proposicional. Es decir, que en última instancia “los pensamientos (actitudes proposicionales) son relaciones entre las personas y las representaciones mentales que toman el lugar de las cosas del mundo (sus propiedades semánticas)” (Chemero, 2009, p. 20). En la teoría computacional de la mente se entiende que el cómputo es la manipulación formal de símbolos y los símbolos empleados corresponden a las representaciones mentales (cf. Chemero, 2009, p. 20-2).

Otra manera de entender la representación mental clásica es como lo dice Rowlands (2006), quien plantea que el problema de la representación es lo mismo que el problema del contenido o el problema “acerca de cómo relacionar lo interno con lo externo- relacionar un ítem interno representado a un ítem que es extrínseco o exterior de tal manera que el primero es acerca del segundo, o tiene al segundo como su contenido” (Rowlands, 2006, p. 1). Veremos en lo que sigue que las caracterizaciones clásicas de la representación van justamente hacia entenderla de ese modo semántico como lo llama Chemero, o en palabras de Rowlands “para asimilar las representaciones en la categoría de *palabra*, es afirmar que satisfacen ciertos constreñimientos” (Rowlands, 2006, p. 5). De dichos constreñimientos hablaré en seguida para dar pie a la caracterización que hace Rowlands de la representación como acción.

En concreto, en lo que sigue exploraré las dificultades de entender las representaciones en términos de las representaciones clásicas internas pues considero que para hablar de la representación de experiencias perceptuales o de procesos cognitivos más complejos se requiere una caracterización más orientada a la acción.

Cabe aclarar que en este trabajo expondré en la primera parte las características de este debate de la representación como palabra como lo presentan Rowlands, Wheeler

y Dreyfus, así como las respuestas que da Gallagher. También retomaré las soluciones que estos autores dan a los problemas de tratar las representaciones como palabra y sus propuestas para llevar la representación hacia un concepto más orientado a la acción, que explica de mejor manera las actividades cognitivas en un ambiente dado. Después hablaré de cómo presenta la problemática semántica Chemero para concluir entonces con una aproximación a la representación (si es que aún se le puede llamar así) enactiva y situada.

## 1 DEFINIENDO LA REPRESENTACIÓN

Con la idea de ir en contra la conceptualización clásica de representación, Gallagher (2008), al igual que Rowlands y Chemero, van a hablar de las representaciones en la acción. Gallagher deja claro que no habla de deliberación de la acción, o planear la acción o las intenciones previas a la acción, sino de la acción como tal (en el momento preciso en que se está desarrollando); el punto clave es que se pregunta si las representaciones son necesarias *en la acción*. La caracterización de representación que ataca Gallagher está basada en la de Rowlands, quien la caracteriza en el lenguaje y en cómo funcionan las representaciones como palabra, las cuales tienen las siguientes características (cf. Rowlands, 2006, p. 2-4):<sup>1</sup>

- (1) La representación es interna;
- (2) la representación tiene una duración;
- (3) la representación soporta contenido que es externo a ella misma;
- (4) la representación requiere interpretación, su contenido se deriva de un proceso que toma lugar en el sujeto, su significado se fija con el contexto;
- (5) la representación es pasiva;
- (6) la representación es separable de su contexto actual (un punto importante aquí es si la actividad fuera de línea o separada del contexto puede aun involucrar aspectos de la acción).

Una de las respuestas en contra de esta idea de representación como palabra viene de la postura anti-representacionalista de Hubert Dreyfus (2002) quien postula, basado en las teorías de Merleau-Ponty, que el *saber cómo* no requiere representaciones

<sup>1</sup> Por comodidad llamaré a estas características “las características de la representación como palabra” (cf. Rowlands, 2006).

mentales disposicionales intencionales ni tampoco que sean interpretables semánticamente (propiedades 3 y 6 de las que acabamos de nombrar). Dreyfus asocia la idea de representación como palabra (con todas las características recién enumeradas) con la de la filosofía cartesiana caduca ya que, como en Inteligencia Artificial (IA), el concepto de representación implica independencia del contexto y está unido con los estados epistémicos del saber-que, cuando en realidad toda acción inteligente y el saber cómo depende de estar en el mundo. Para él, en la acción intencional habilidosa, no se requiere representación:

La fenomenología de la adquisición de habilidades confirma que, como uno va adquiriendo experiencia, el *saber cómo* adquirido se experimenta como discriminaciones cada vez más finas emparejadas con las respuestas adecuadas a ellas. (...). Entonces, el aprendizaje exitoso y la acción no requieren representaciones mentales proposicionales. No requieren tampoco representaciones semánticamente interpretables (Dreyfus, 2002, p. 367).

Uno de los puntos relevantes para nuestro interés de esta postura de Dreyfus es que es crucial que el agente no recibe pasivamente el input y después lo procesa, sino que el agente está preparado para responder a las demandas del ambiente: “El agente ve las cosas desde cierta perspectiva y las ve como posibilidades de tener la capacidad (*afford* en inglés) para ciertas acciones. Lo que sean esas afordancias depende de la experiencia pasada con esa clase de cosa en esa clase de situación” (Dreyfus, 2002, p. 373).

Dreyfus en esta cita que acabamos de leer retoma un aspecto importante que tiene que ver con lo que otros autores como Michael Wheeler (2008) también retoman bajo otros nombres, y que en general tienen que ver con el problema de la acción y la no-pasividad de las representaciones en un contexto dado específico. Wheeler y Shaun Gallagher le llaman “el problema del marco” que tiene que ver, en pocas palabras, con la siguiente idea: cualquier sistema que se denomine “inteligente” debe ser capaz de recuperar de su memoria aquellos ítems de información guardados que sean más relevantes para su contexto presente y entonces decidir cuáles y cómo usarlos en maneras adecuadas a dicho contexto (Wheeler, 2008b, p. 324).

En el enfoque de Gallagher, quien retoma a Dreyfus y a Rowlands, los problemas de las representaciones están unidos tanto al problema del conocimiento de sentido común como al problema del marco en IA que acabamos de mencionar. Veremos a continuación ambos problemas.

Los enfoques representacionalistas unidos al problema del conocimiento del sentido común, que tiene que ver con cómo se entiende un sistema interconectado

de representaciones, lleva según Wheeler a una “explosión combinatoria viciosa” ya que el conocimiento proposicional de un aspecto del mundo presupone el conocimiento proposicional de otros aspectos y así en un regreso infinito. Además, el problema del marco, es decir el cómo un sistema se ajusta a reconocer las características relevantes en un ambiente cambiante, queda sin resolverse en un modelo representacionalista clásico.

Dreyfus responde al problema del marco en un sentido más fenomenológico, lo cual también nos será de interés por el problema de la percepción de la experiencia temporal. Su propuesta concreta es apelar en realidad a un modelo llamado “redes neuronales de pre-alimentación simulada”.<sup>2</sup> De acuerdo a estos modelos las memorias de situaciones específicas no están almacenadas y por ende no se buscan de acuerdo a cada situación. En vez de eso, dado un input las conexiones entre las neuronas son modificadas por un instructor para que dicho input se ponga a la par con lo que el instructor apela a ser el mejor comportamiento en un contexto dado. Así, inputs similares provocarán respuestas similares de acuerdo a situaciones previamente vividas, en redes neuronales “facilitadas”.<sup>3</sup> Este modelo de redes neuronales provee una explicación de cómo el pasado afecta la percepción y acción presente sin tener que necesitar memorias pasivas específicas almacenadas o representaciones (cf. Dreyfus, 2002, p. 374).

En un modelo representacional con las propiedades que enumeramos de Rowlands las representaciones son estructuras estáticas y discretas, a las cuales les falta el tipo de dinámica que se encuentra de hecho en los problemas que involucran acción como lo mencionan los autores que acabamos de citar. Lo que toma el lugar de las representaciones en los modelos no representacionales de la acción es una forma de inteligencia en línea basada en la percepción que genera acción “a través de interacciones complejas causales en un sistema extendido del ambiente y el cuerpo” (Wheeler, 2005, p. 193). La pregunta es si este tipo de sistema hace todo lo que necesita hacer sin las representaciones, veremos a continuación algunas problemáticas al respecto.

<sup>2</sup> La expresión es en realidad “*feed forward simulated neural networks*” (Dreyfus, 2002, p. 374). Según la traducción el término querría decir algo como “pre-alimentación” y se describiría como un tipo de sistema que reacciona a los cambios en su entorno, normalmente para mantener algún estado concreto del sistema. Un sistema que exhibe este tipo de comportamiento responde a las alteraciones de manera predefinida, en contraste con los sistemas retroalimentados.

<sup>3</sup> Esto va de la mano con resultados empíricos de la facilitación sináptica hechos por Hebb en su libro de 1949 *La organización de la conducta*. En él se describe un mecanismo básico para la plasticidad sináptica en donde un incremento en la eficacia sináptica surge cuando la persistencia o la repetición de una actividad de reverbero en las células pre y post sinápticas tienden a inducir cambios celulares duraderos.

## 2 REPRESENTACIONES MÍNIMAS

Para salir de los problemas que presentan las representaciones como palabras existen variaciones que implican otro tipo de concepción de lo que es una representación mental. Wheeler (2008) propone que ciertas acciones requieren AORs (*action oriented representations*) que caracteriza como mapas motores del ambiente, egocéntricos y temporales que están determinados cabalmente por la acción de una situación específica requerida por el ambiente y el contexto, son “como el mundo es codificado en términos de posibilidades de acción” (Wheeler, 2005, p. 197).

### 2.1 ¿PERO QUÉ SON ESTAS AORs?

Para Wheeler (2008), lo que hace Gallagher es ofrecer una lista negativa de lo que son las representaciones mínimas (apelando a las características de la representación como palabra de Rowlands), de manera que lo que Gallagher dice es que las representaciones mínimas *no* son: (1) totalmente internas; (2) discretas, identificables ni duraderas; (3) pasivas; (4) desacoplables; (5) fuertemente instruccionales ni (6) homunculares.

El objetivo del representacionalista mínimo es dar al concepto de representación lo necesario para que sea adecuado para la explicación de acción en tiempo real, que es lo que a nosotros también nos interesa en el problema de la percepción de la experiencia temporal. Pero pareciera que si quitamos los atributos 1-6 del concepto de representación como palabra, ya no sería más una representación, o al menos no en el sentido clásico de la misma, que es probablemente a lo que acabemos llegando después de analizar estas propiedades. Pero por ahora sigamos viendo con cuáles de estas propiedades nos podemos quedar para hablar de una representación en la acción.

Para Wheeler (2008, p. 372) una representación orientada a la acción es una que:

- (i) es de acción específica: está hecha a medida para un comportamiento específico y diseñada para representar el mundo en términos de especificaciones para acciones posibles,
- (ii) es egocéntrica: las características son relativas al portador en contenido y encaradas por mapas espaciales en un sistema coordenado egocéntrico
- (iii) es intrínsecamente dependiente del contexto: la representación explícita del contexto es rehuída a favor de propósitos de acoplamientos adaptativos especiales situados que implícitamente definen el contexto de la actividad en sus principios básicos operativos.

Estos elementos no contienen las propiedades (3) y (5) de la representación como palabra. La postura de Wheeler (2008, p. 372) de la representación se basa en lo que él mismo llama la *suposición neural* que dice que si la acción inteligente se explica en términos representacionales entonces cualesquiera criterios que se propongan para ser representacionales no deben ser satisfechos por ningún elemento extra-neural para los cuales sería irrazonable clamar que son representacionales en carácter. La justificación de esta *suposición neural* es metodológica y es porque pareciera que los estados y procesos neurales hacen algo que es mayormente distintivo psicológicamente y esperamos que el concepto de representación nos diga algo al respecto. Esto nos lleva a que hay un sentido claro en el que las representaciones orientadas a la acción están construidas al cerebro (cf. Wheeler, 2008, p. 372). Pero de esto no se sigue que las representaciones mínimas sean fuertemente instruccionales en carácter, esto es, que sean totalmente determinantes del resultado de comportamiento al que contribuyen (característica (5) de la representación como palabra).

La *suposición neural* permite que las contribuciones causales no-representacionales hechas por el cuerpo no-neural y por el ambiente externo a la estructura fina de acción inteligente vayan más allá de condiciones de fondo para procesos de representación y control internos. En otras palabras, para Wheeler, las representaciones mínimas involucran factores en el ambiente y en el cuerpo no-neural en el sentido en que los resultados comportamentales que están respaldados en elementos representacionales localizados neuralmente también dependen en una manera causal no trivial de contribuciones de elementos extra neurales.

Esta es la manera en que Wheeler entiende que las representaciones mínimas involucran al cerebro, al cuerpo y al ambiente de una manera que a nosotros nos interesará en el caso de la experiencia temporal. Esto también asume que lo cognitivo no está restringido a lo neural. Así, Wheeler se permite poner distancia entre su propia posición y la idea de que las representaciones mínimas no poseen la propiedad (1) de las representaciones como palabras. Para él “los factores extra-neurales que califican como representaciones mínimas son esencialmente intrusos amigables en lo que es un amplio santuario interno” (Wheeler, 2008, p. 373).

Esta *suposición neural* de Wheeler es un intento claro de llevar la cognición hacia lo enactivo o al bucle de retroalimentación y pre-alimentación al que apela Dreyfus del que hablábamos antes. Ya veremos más adelante que autores como Chemero toman su propia salida a este problema y entonces tendremos las características con las que nosotros nos quedaremos para poder hablar de las representaciones de la experiencia de la percepción temporal.

Ahora bien, volviendo a las propiedades que estamos analizando de las representaciones como palabras, vayamos a la propiedad (2). A Wheeler le parece que dado

## ¿Nos podemos deshacer de los modelos de las representaciones mentales?

que para él las representaciones mínimas son estructuras de control egocéntricas y dependientes del contexto para acciones de situación específicas, pueden ser discretas e identificables, e incluso algunas de ellas son duraderas.

### 2.2 HACIA LAS REPRESENTACIONES EN ACCIÓN

Por último, veamos la propiedad **(6)** de las representaciones como palabras, la homuncularidad. Para Wheeler la homuncularidad sistémica es necesaria para la representación sub-agencial, de manera que las representaciones mínimas estarán asociadas con esa propiedad. Wheeler (2008, p. 374) dice que un sistema es homuncular cuando **(a)** puede estar hecho de compartimientos en un conjunto de módulos jerárquicamente organizados y comunicados y **(b)** cada uno de esos módulos realiza una sub-tarea bien definida que contribuye hacia el logro colectivo de una solución adaptativa. Pero para Wheeler el problema de Gallagher es que asume que la homuncularidad conlleva procesamiento off-line. Sin embargo, para Gallagher, aún si se logra que conceptualmente tengan sentido los sistemas homunculares, no debemos encontrarlos en mecanismos debajo de acciones encarnadas en tiempo real porque esos mecanismos operan como sistemas dinámicos en una causación continua auto-organizada. La causación continua recíproca (como la caracteriza Clark en 1997) es aquella que involucra múltiples interacciones simultáneas y ciclos de retroalimentación dinámica, tales que: **(a)** la contribución causal de cada componente sistémico determina parcialmente y es determinado parcialmente por las contribuciones causales de otros componentes sistémicos y **(b)** esas contribuciones pueden cambiar radicalmente en el tiempo.

Pero para Wheeler la causación recíproca continua (CRC) debilita la explicación representacional porque debilita la homuncularidad y socava la homuncularidad pues mina la modularidad;<sup>4</sup> y Wheeler sostiene que “la modularidad es necesaria para la homuncularidad y por tanto para la representación, de manera que es necesaria para la representación mínima” (2008, p. 375), con lo cual Gallagher no está de acuerdo y es por ello que se deshace de ella, y nosotros de la mano de él.

En contraste, Rowlands (2006, p. 113-4) defiende la idea de que ciertos movimientos corporales que son elementos de la acción pueden ser representacionales. Arguye que el concepto clásico de representación no es adecuado para capturar el concepto de representación en acción. Recordemos que para Rowlands la representación en acción incluye estas condiciones:

<sup>4</sup> CRC debilita la homuncularidad pues a medida que CRC incrementa se vuelve progresivamente más difícil especificar roles robustos específicos funcionales que juegan las partes del sistema.

- Condición de la información: un ítem *r* califica como representación sólo si lleva información acerca de un estado de eventos *s* que es extrínseco a él.
- Condición teleológica: un ítem *r* califica como representación sólo si tiene la función propia ya sea de rastrear la característica o estado de eventos *s* que la produce, o porque permite al organismo o a otro *consumidor* representacional lograr alguna tarea benéfica en virtud de rastrear *s*.
- Condición del desacoplamiento: un ítem *r* califica como que representa un estado de eventos *s* sólo si *r* es, en un sentido apropiado, desacoplable de *s* (puede estar ausente del ambiente inmediato).
- Condición de la mal-representación: un ítem *r* califica como que representa un estado de eventos *s* sólo si es capaz de mal-representar *s*.
- Condición combinatoria: Para que un ítem *r* califique como representacional, no debe ocurrir en aislamiento sino sólo como parte de un marco más general de representación.

Veremos ahora estas características y sus implicaciones a mas detalle pero para ello, falta antes ver cómo este concepto de representación se aplica a la acción y qué entiende este autor por acción. Rowlands distingue entre acciones intencionales, actos sub-intencionales y actos pre-intencionales (*deeds*).<sup>5</sup> Los actos sub-intencionales son movimientos no intencionales. Los actos pre-intencionales “incluyen un arreglo de ajustes en línea modulados por retroalimentación que toman lugar debajo del nivel de la intención, pero que colectivamente promueven la satisfacción de una intención antecedente” (Rowlands *apud* Gallagher, 2008, p. 354).

En su propuesta, Rowlands arguye que si queremos introducir la acción para explicar la naturaleza de la representación debemos de satisfacer dos presiones encontradas que llevan en direcciones opuestas e irreconciliables. Por un lado, no podemos apelar a un concepto de acción que presuponga representación (que estén individualizados por su conexión con estados intencionales). Por el otro lado, no podemos apelar a un concepto de acción que no presuponga representación pues hacerlo es reiterar una concepción de frontera entre la representación y la acción y el rol que juega la acción con respecto de la representación. Esto claramente, nos lleva a una paradoja y para escapar de ella Rowlands (2006, p. 12) requiere usar un concepto de acción que sea representacional pero que ese status de representacional no sea adquirido de nada más, como de un estado representacional previo.

<sup>5</sup> La intencionalidad de la mente humana se sustenta sobre un substrato de capacidades pre-intencionales: habilidades, formas de saber-cómo, no un saber-qué de las cosas sino de entender para qué están ahí, de actuar sobre ellas, de ejercer distintas destrezas con ellas.

El concepto de acción debe ser uno en que las acciones sean representacionales pero tengan ese status directamente, en virtud de lo que ellas son y en su relación con el mundo y no en virtud de su conexión a algo que ya sea representacional de antemano. Para Rowlands ese concepto se extiende a una categoría de comportamientos identificables a los que llama *deeds*. Las *deeds* son concebidas como actos pre-intencionales, como mencionábamos más arriba. Están entre las acciones como se entienden tradicionalmente y los actos sub-intencionales que al contrario que los *deeds* se realizan por una razón que el agente respaldaría. Para Rowlands los actos pre-intencionales deben satisfacer las condiciones que recién nombramos. En particular el rol de las acciones pre-intencionales en la representación es más obvio en el caso de la representación perceptual. Rowlands piensa que el rol que juegan las acciones pre-intencionales en otras formas de representación derivan de la manera en que la percepción puede ser empleada en una forma epistémicamente activa para ayudar a completar la tarea cognitiva para la que la representación ha sido producida o activada. Es más, dice que,

si mis argumentos en este libro son correctos, los medios por los que representamos no se detienen en la piel. Pueden existir vehículos de representación dentro de la piel de los sujetos que representan. Pero los vehículos de las representaciones no se detienen en general, en la piel. Se extienden en el mundo en la forma de *deeds*. Representar el mundo es algo que hacemos tanto en el mundo como en la cabeza. Representar es representacional en todo sentido, a esto le llamo la tesis de la representación en acción (Rowlands, 2006, p. 17).

Un problema que ve Gallagher en la propuesta de Rowlands es separar un acto pre-intencional del contexto sin convertirse en algo completamente distinto a un elemento de la acción en juego o un AOR. Dice que la cognición fuera de línea como el imaginar, recordar o re-actuar una acción desacoplada de su contexto original y ausente de s puede (o no) requerir representaciones, pero no dice nada de la representación en acción.

Como un abogado de la representación en acción Gallagher (2008, p. 357) apela al modelo hecho por Andy Clark y Rick Grush (1999), quienes ofrecen un modelo de representación que pone al desacoplamiento directamente en acción en un nivel sub-personal. Lo que ellos proponen es que la anticipación en el control motor, específicamente el circuito neural interno usado para propósitos predictivos/anticipatorios en un emulador (*forward*), involucra unas representaciones separadas, a las cuales llaman MRR (*minimal robust representations*). El circuito es un modelo, “un sustituto separado” que suple o reemplaza un estado futuro de un aspecto extra neural del movi-

miento del acto que estás por realizar (como cuando se va a atrapar una pelota). Como el emulador anticipa (representa) un *s* que no está ahí aún o un estado motor predicho, es en cierto sentido fuera de línea, desacoplado del presente *s* o del movimiento presente. Para ellos las MRR son un “estado interno” que no depende de un nexo constante físico entre él y los estados extra neuronales de los que trata. Pero es difícil ver cómo esta anticipación puede estar desacoplada de *s* y pareciera entonces que dichas anticipaciones tendrían que estar separadas de las entradas perceptuales y proprioceptivas, lo cual no puede ser pues registran la trayectoria de la acción. De esta manera, Gallagher alega que el argumento no puede ser entonces que la representación en acción se separa de la acción sino que mas bien la representación es separable. Así, podemos admitir que una vez que la representación es separada ya no tiene una función directa en la misma acción, aunque puede asistir a la planeación de una acción.

Lo interesante es ver si *en la acción* funciona de una manera representacional o si es hasta que se separa de ella. Wheeler, por ejemplo, olvida el criterio de separabilidad como parte de la representación mínima y sugiere, al igual que Rowlands, que las representaciones mínimas conllevan aspectos del sistema que son el cerebro, el cuerpo y también el ambiente, como ya se había mencionada anteriormente: “los vehículos de la representación no se detienen en la piel; se extienden hacia todo el mundo” (Rowlands, 2006, p. 224). Aquí Rowlands se une a Clark y a Wheeler en alguna versión de la hipótesis de la mente extendida,<sup>6</sup> donde las acciones son caracterizadas por interacciones causalmente complejas que envuelven un acoplamiento dinámico del cuerpo y el ambiente, y donde la causalidad se esparce en todo el sistema.

Wheeler quiere mantener las AORs y arguye que para hacerse completamente anti-representacionalista en un paradigma de cognición extendida se necesita entender a la representación como que conlleva (1) instruccionalismo fuerte (la idea de que las representaciones proveen una descripción completa y detallada de cómo lograr un resultado) y (2) la asunción neuronal (la idea de que los procesos neuronales juegan un rol central y casi exclusivo en la cognición).

Pero veamos los problemas de estas dos condiciones. Queda claro que en una visión de mente extendida la asunción neural queda muy debilitada, sin embargo, para Wheeler esto no deja fuera a las AORs pues arguye que si mantenemos la asunción neural lo suficientemente debilitada para lo cual dice que:

si la acción inteligente es explicada en términos representacionales, entonces cualquier criterio propuesto como condiciones suficientes para ser representa-

<sup>6</sup> El postulado básico que sostiene el concepto de mente extendida es que las partes del contexto que se combinan con el cerebro adecuadamente, se transforman en partes aquello que llamamos mente y que nos funciona como parte de nuestros sistemas cognitivos.

cionalista no debe ser satisfecho por ningún elemento extra neural para los cuales sería irrazonable, extravagante o explicativamente ineficiente clamar que la contribución de dichos elementos a la acción inteligente fuera representacional en carácter (Wheeler *apud* Gallagher, 2008, p. 359).

Así, para Wheeler no debemos dejar fuera una forma mínima de representación pues las AORs aún tendrían un rol que jugar funcionando como representaciones neurales.

Ahora bien, la idea de instruccionalismo fuerte fue abandonada por Dreyfus por el problema del conocimiento de fondo que ya habíamos mencionado: una representación nunca puede ser completamente adecuada para enfrentar el pasado o el problema del marco, nunca puede especificar todo lo necesario para determinar una acción disruptiva; de hecho llevaría a un sistema paralizado o a la inacción si el sistema tuviera que especificar todo lo requerido para actuar. El problema del contexto y del conocimiento de fondo no son resolubles apelando a las representaciones.

Dreyfus (2007), como habíamos ya visto, apela entonces al trabajo de Merleau-Ponty, quien ofrece una postura no-representacional de la manera en que el cuerpo y el mundo se acoplan y sugiere que esa es una manera de deshacerse del problema del marco. De acuerdo a Merleau-Ponty, mientras un agente adquiere habilidades, éstas se van almacenando pero no como representaciones en la mente sino como respuestas encarnadas disposicionales para las solicitudes de las situaciones en el mundo. Lo que el agente adquiere a través de la experiencia no es vía las representaciones sino vía la experiencia de situaciones discriminadas, algo importante es que esas discriminaciones en la acción llevan en gran medida emociones e intuiciones. Asimismo, en un modelo no-representacional podemos obtener mal las cosas en el mundo, pero no porque nuestra representación del mismo sea errónea sino porque el mundo en sí es ambiguo a la luz particular de nuestras habilidades o proyectos.

Clark (siguiendo a Millikan, de quien hablaremos más un poco adelante) sugiere que las afordancias son de hecho AORs (Clark, 1998, p. 50). Para Millikan la disposición percibida del ambiente es una representación no pasiva (que Millikan le llama *pushme-pullyou representation* ó PPR) porque describe cómo es que las cosas están arregladas y también se representan las maneras posibles de moverse en ese ambiente dado (Millikan, 1996, p. 151). Pero

pareciera que esto es simplemente redefinir las afordancias en términos representacionales y asumir que la disposición percibida del ambiente es algo diferente de la disposición que yo percibo del ambiente y que un “percepto”, que es algo más allá de percibir está localizado en el sujeto que percibe. Pero la idea

de percepción conlleva una representación interna que justamente va en contra del concepto de afordancia de Gibson (Gallagher, 2008, p. 361).

Esta crítica de Gallagher es correcta, sin embargo el concepto de afordancia ha cambiado tanto que podríamos introducir una especie de representación mínima al mismo, en el sentido en que lo proponen Rowlands o Chemero, como veremos más adelante.

Con todas estas problemáticas que hemos visto, Gallagher se pregunta: en un enfoque encarnado-situado, ¿qué rol juegan las representaciones mínimas? Ya vimos que Wheeler las defiende con las AORs como un mapeo basado en lo percibido, egocéntrico (espacial) del ambiente calibrado estrictamente en términos de las posibles acciones. Clark y Gurus sugieren que la anticipación es representacional. Rowlands arguye que los movimientos pre-intencionales gobernados por la acción intencional son representacionales. Cuando consideramos todos juntos estos aspectos de acción debemos notar que reflejan la estructura temporal dinámica de acción de la misma experiencia.

Pero para Gallagher (2008, p. 361) en un modelo fenomenológico no representacional de una estructura dinámica temporal, la acción conlleva (1) un mantenimiento pragmático de la retención en línea de los aspectos relevantes del ambiente como está siendo experimentado, un almacenamiento en presencia perceptual de aquellos factores que acaban de definir mis acciones posibles; (2) un aspecto anticipatorio o protencial que es una característica implícita de mi proyecto inmediato determinado por el acoplamiento con el ambiente y (3) los movimientos continuos que constituyen los estados actuales dinámicos del sistema.

Esta estructura retencial-protencial dinámica que es característica tanto de la acción como de la conciencia está totalmente en sintonía con lo que Husserl llama “el presente vivido”. Gallagher explica que la retención de la experiencia orientada a la acción del pasado inmediato en el momento presente no es una memoria ni una representación, es más bien parte de lo que constituye la acción en su continua direccionalidad; lo mismo ocurre con la protención. Una acción no es entonces una toma momentánea congelada suplementada por representaciones de movimientos del pasado y del futuro, sino que tiene una unidad en el tiempo que se toma en cuenta dentro de la estructura intencional de la acción misma. Nada de esto que acabamos de mencionar lleva a hablar de una representación si esta conlleva una imagen o símbolo interno, una duración discreta o la separabilidad.

Además, algo importante para Gallagher es que la acción misma depende de ciertas representaciones neurales o esquemas corporales que operan a un nivel sub-personal, fuera o debajo del umbral de la experiencia. Los esquemas mentales no son re-

presentaciones estáticas, mas aún porque se trata de patrones del cuerpo-cerebro y estos están debajo de muchos de los patrones de movimientos de acción; son procesos que incluyen componentes retencionales que organizan dinámicamente la retroalimentación sensomotora de tal manera que el estado motor actual está cargado con una relación a algo que ha pasado antes (Gallagher, 2008, p. 362), de manera que no son de ninguna manera discretas ni desacoplables. Cabe aclarar que en este sentido las neuronas juegan claramente una enorme parte del complejo sistema conectado del cerebro y dichas conexiones son efectuadas no por representaciones sino causalmente. Alternativamente, si los esquemas mentales son procesos complejos que se extienden al cerebro y al cuerpo y están especificados por los contextos ambientales (Gallagher, 2005), no están constituidos por una parte representando otra parte, ni por una parte interpretando a la otra como una representación. En dichos sistemas de esquemas corporales-neuronales que pudieran contar como representación sería solamente un asunto de interpretación desde el punto de vista representacionalista, no por el sistema como tal sino por el teórico abstrayendo la idea de representación del sistema para dar una explicación.

Wheeler, como lo vimos, se deshace del criterio de separabilidad en su caracterización de una representación mínima. Para él una de éstas es (1) muy adaptativa, (2) arbitraria, lo que quiere decir que la clase equivalente de distintos elementos internos que pueden llevar a cabo una función particular sistémica está fija por su capacidad, cuando se organiza y explota de la manera adecuada para llevar información específica del comportamiento acerca del mundo en vez de a través de cualquier propiedad física no informacional de dichos elementos, como su forma o peso (Gallagher 2008, p. 363) y (3) emplea un mecanismo homuncular, en el sentido que ya hemos mencionado.

Con esta idea de homuncularidad Wheeler quiere preservar el criterio de interpretabilidad dentro del sistema. El mecanismo homuncular toma información fuera de línea y la manipula para anticipar posibles acciones, lo cual en general implica modularidad. Pero para Gallagher en el caso de la acción la modularidad se puede olvidar por el concepto de sistemas dinámicos de una causación recíproca auto-organizada, que en realidad Wheeler favorece en muchos casos.

Es decir que los procesos sensomotrices en línea que sirven a la acción intencional y que están temporalmente estructurados en relación dinámica con el ambiente son de hecho ricamente adaptativos y arbitrarios en un sentido relevante, pero no son homunculares, lo cual quiere decir que no conllevan un elemento interpretativo, aunque sí procesos pre-intencionales. El proceso dinámico (más causal que comunicativo) no requiere la idea de que una parte discreta del mecanismo interprete en aislamiento (o fuera de línea) la información presentada por otra parte. En vez de eso, la acción misma del modelo dinámico es caracterizado por un aspecto anticipatorio-

protencional que funciona sólo en relación con el proyecto en línea y continuo, determinado por el acoplamiento con el ambiente.

### 2.3 ¿QUÉ QUEDA DE LA IDEA DE LA REPRESENTACIÓN EN ACCIÓN?

Con todo lo visto hasta ahora queda la pregunta de para qué mantener el término de representación en el caso de la acción. Cuál sería el punto de retener el concepto si nada se re-presenta para el sujeto, si no es consistente con la idea clásica de representación y si en justificar su uso se puede explicar la acción en términos no-representacionales. Pareciera que se puede sustituir el término usando las interacciones causales complejas basadas en la percepción en sistemas encarnados-situados.

La idea de la representación mínima entonces ya no conforma parte de lo que la haría representación, pues *no* es (Gallagher, 2008, p. 364):

- (1) Interna: se extiende para incluir aspectos encarnados-ambientales y es sólo neuronal en un sentido “débil”.
- (2) Una cosa discreta duradera: es más bien un proceso temporal, dinámico y distribuido.
- (3) Pasivo: es pragmáticamente enactivo, actuado pro-activamente a la adaptabilidad del sistema.
- (4) Separable: de hecho, si es para seguir siendo teleológico, debe continuar rastreando x o debe implicar una anticipación continua y en línea o una protención de un estado motor predicho.
- (5) Instruccional: no es suficiente para resolver el problema del sentido común o del marco.
- (6) Homuncular ni interpretativo.

Hemos visto que las acciones conllevan procesos intencionales a un nivel personal y en una manera que contribuye a la organización de procesos sub-personales (como los procesos neuronales) que soportan la acción intencional. Pero si la representación es una forma de intencionalidad, no toda la intencionalidad es representacional. El tipo de “intencionalidad motora” descrita en términos de procesos de esquemas corporales por Merleau Ponty, por ejemplo, es un proceso dinámico no representacional. Las acciones también incluyen funciones teleológicas pues requieren seguir algo en el mundo. Esto da lugar a un seguimiento enactivo perceptual. Hay pues una intencionalidad en la acción corporal que no está caracterizada en términos de representaciones. Esta clase de intencionalidad está dinámicamente vinculada con el ambiente en una manera que refleja una estructura específica temporal en el nivel sub personal.

## ¿Nos podemos deshacer de los modelos de las representaciones mentales?

La acción envuelve procesos temporales que pueden ser explicados mejor en términos de sistemas dinámicos de causación recíproca continua auto-organizada, que son muy similares a lo que veíamos más arriba que Dreyfus llama las “redes neuronales de pre-alimentación simulada”.

Concluyendo esta primera parte del debate de las representaciones, el representacionalismo en las versiones que no son en las representaciones como palabra es una explicación científica abstracta y podemos verlo como un *explanans* como tal. Es importante que notar que no conllevan niveles ontológicos y además al usar la terminología se necesita hacer mucha explicación para entender de qué se está hablando. Como Gallagher dice:

un problema importante es que la mayoría de los científicos cognitivistas sigue utilizando la palabra con R y lo hacen de maneras poco claras. En el caso de la acción no es nada más que un artilugio que muchas veces es confuso y lleva a malas ideas. Es una mala pieza heurística que no lleva a una explicación que necesita ser dinámica en términos de un modelo en activo, encarnado, embebido y ambiental (Gallagher, 2008, p. 365).

Estamos de acuerdo en que la discusión es un poco enredada, pero al menos para el propósito de la percepción de la experiencia del tiempo, creemos que sí se puede utilizar la terminología de una manera muy útil, dejando claro de qué vamos a hablar cuando hablamos de representación en acción, no de representación como palabra. Para dejar claras estas características revisaremos a continuación otras dos propuestas más para entonces poder dar una noción de a lo que nos referiremos por representación en lo que sigue de este trabajo.

### 3 ENACTIVISMO RADICAL:

#### LAS REPRESENTACIONES DESDE LAS PROPUESTAS DE CHEMERO

Hasta ahora vimos las posiciones en torno a las representaciones mínimas y las representaciones orientadas a la acción, que como ya mencionamos al inicio de este trabajo es una parte importante del debate de las representaciones mentales desde los puntos de vista que se consideran anti-representacionalistas si se entiende la representación como palabra. Sin embargo, existe un ala más radical (que de hecho van con el slogan de “*radical embodied cognitive science*” (RECS) que se deshace en otro sentido del concepto de representación. Muchos de los puntos nodales de este debate se tocan con el apartado que acabamos de concluir, pero por cuestiones de las diferencias que

se hacen en la discusión he decidido separarlos así. Exploraremos pues este debate desde otros autores que también se contraponen al concepto clásico de representación como palabra.

### 3.1 ANTHONY CHEMERO:

#### LA CIENCIA COGNITIVA ENCARNADA RADICAL Y SU ANTI-REPRESENTACIONALISMO

En contraste con la caracterización de Rowlands que vimos en la sección anterior de las representaciones como palabras, Chemero va a debatir con las siguientes condiciones de la caracterización de una representación tradicional:

Una característica  $R_o$  de un sistema  $S$  será una representación  $R$  para  $S$  si y sólo si:

**(R1)**  $R_o$  está entre un productor de representación  $P$  y un consumidor de representación  $C$  que están estandarizados para encajar el uno con el otro.

**(R2)**  $R_o$  tiene como función propia adaptarse a la representación del consumidor  $C$  para algún aspecto  $A_o$  del ambiente, en particular guiando a  $S$  a comportarse apropiadamente con respecto a  $A_o$ , incluso cuando  $A_o$  no sea el caso.

**(R3)** Hay (en adición a  $R_o$ ) transformaciones de  $R_o, R_1, \dots, R_n$  que tienen como su función adaptar la representación del consumidor  $C$  a transformaciones correspondientes de  $A_o, A_1, \dots, A_n$  (Chemero, 2009, p. 50).

Esta definición es una versión de la de Ruth Millikan y su teoría teleológica del contenido (1984, 1993) que es un punto de partida para analizar las vertientes de las representaciones entendidas desde las posturas situadas y enactivas. Para Chemero, las representaciones son entidades teóricas, es decir que las proponemos para explicar observaciones de comportamiento inteligente adaptativo. Así, las representaciones mentales se pueden ver como parte de la explicación del comportamiento, su existencia se reivindica y sus propiedades se confirman por el éxito de las explicaciones que pueden dar. “El rol de las representaciones mentales en explicaciones del comportamiento adaptativo es como vehículos causalmente potentes que acarrean información” (Chemero, 2009, p. 50). La representación en estos términos juega un rol en la economía causal del agente y, porque acarrea información acerca del ambiente, permite al comportamiento que causa ser apropiado para dicho ambiente. Como las representaciones se ven entonces como entidades explicativas en virtud de la información que acarrean, una teoría de la representación necesita explicar cómo algo dentro del agente puede ser acerca de algo fuera del agente.

En esta concepción clásica de representación hay algunos aspectos que debemos analizar. Primero, requiere que las representaciones tengan funciones, es decir que sean teleológicas (**R<sub>2</sub>**) y, por lo tanto, explícitamente normativas; segundo, requiere que las representaciones sirvan como representaciones en el contexto en que se producen y consumen los artefactos (**R<sub>1</sub>**); tercero, tiene una explicación de mal-representar construida en ella misma: como el contenido de una representación está determinada por su función, al igual que el productor y consumidor de la representación su contenido se mantendrá constante aún en los casos en que uno o más, ya sea del productor, consumidor o la misma representación fallen en trabajar adecuadamente. Cuarto, se requiere que una representación sea parte de un sistema de representaciones (**R<sub>3</sub>**), de manera que nada puede representar sólo una situación ambiental. Quinto, se requiere seguir a Millikan enfocándose en que el consumidor de la representación determina el contenido de la representación, es decir que el contenido es la manera en que el mundo requiere ser para que el comportamiento causado por la representación del consumidor sea adaptativa (**R<sub>2</sub>**). Y sexto, entre las cosas que logran los criterios de esta teoría de representación están los que Millikan llama representaciones *pushmi-pullyu* y lo que Andy Clark llama AORS, de las cuales ya hemos hablado. Estos son dos clases de representaciones que se usan en una ciencia cognitiva encardada representacionalista (cf. Chemero, 2009, p. 52).

Las AORs son representaciones que describen tanto la acción como la reacción sugerida a ella, o como Clark lo pone, son mapas que también son controladores. Las AORs son más *primitivas* que otras representaciones pues llevan a comportamiento efectivo sin requerir la separación de representaciones del estado del mundo de las metas del sistema cognitivo. Esto quiere decir que el agente no produce representaciones neutrales de acción del mundo que luego puede usar como acciones que producen la guía de su comportamiento, sino que desde el principio son representaciones enfocadas en hacer la acción desde un inicio. Las affordances Gibsonianas son entonces ejemplos de AORs (cf. Chemero, 2000, p. 4). Enfocándose en las AORs los científicos cognitivos encarnados intentan minimizar el rol de lo que Clark llama “representaciones objetivistas”: representaciones tipo oraciones del ambiente neutral a la acción en un lenguaje del pensamiento (cf. Chemero, 2009, p. 26-7).

### 3.2 CHEMERO DEFENDIENDO EL ANTI-REPRESENTACIONALISMO

Van Gelder en 1995 en su famoso ensayo del *Watt governor* (Van Gelder *apud* Chemero, 2000, 2009) sugiere que éste debe ser considerado como un prototipo de la cognición, y que no funciona representando su entorno como los sistemas computacionales clá-

sicos sino como un sistema dinámico.<sup>7</sup> Chemero deja ver que hay dos posturas anti-representacionalistas en ese ensayo, una ontológica y otra epistemológica. Ontológicamente, van Gelder afirma que la existencia de una correlación (parcial) entre las partes del gobernador y estados del ambiente no son suficientes para que los estados del gobernador sean representaciones. Epistemológicamente van Gelder afirma que las herramientas conceptuales correctas para explicar el comportamiento del gobernador son dinámicas y que atribuirle estados representacionales no tiene utilidad *explicativa*. Así, estas afirmaciones son separadas, de lo que se deriva que Chemero (2000, p. 5) separe el asunto en dos formulaciones:

- (1) *La hipótesis natural*: los sistemas cognitivos naturales no trafican con representaciones. Esto es, que nada dentro de un agente cognitivo llena los estándares de la teoría teleológica de la representación; y
- (2) *La hipótesis del conocimiento*: los mejores modelos y/o explicaciones de los sistemas cognitivos no invocan representaciones *explícitas*. Esto es, que no habrá nada en nuestros mejores modelos o explicaciones de agentes cognitivos que sea una representación de acuerdo a la teoría teleológica de la representación.

Estas dos hipótesis son de naturaleza muy distinta. Un anti-representacionalista puede defender una (o ambas) hipótesis. La principal diferencia se puede poner como sigue: la hipótesis del conocimiento es en gran medida una hipótesis meta-científica, es decir que concierne con cómo debemos hacer ciencia cognitiva, como sea que la mente es realmente. La hipótesis natural es una mucho más filosófica, concierne el cómo son los agentes cognitivos, como sea que se les explique científicamente.

Van Gelder describe el gobernador de Watt en contraste a un gobernador computacional teórico que también controla la velocidad de la máquina de vapor. Como van Gelder ofrece el gobernador como un prototipo de sistema dinámico, el hecho de que sea representacional es significativo e implica que otros modelos de sistemas de cognición también lo son. La explicación no-computacional y representacional añade mucho a la noción dinámica, pero no la desplaza. En particular, la historia representacional del gobernador añade una dimensión teleológica a la descripción del gobernador: contesta la pregunta por qué. La explicación comienza por asumir que el go-

<sup>7</sup> El Watt Governor o *regulador centrífugo* es el sensor de una cadena mecánica de retroalimentación, que proporciona un parámetro que es función de la velocidad angular. Este parámetro puede ser un desplazamiento mecánico que actúe sobre una válvula de control de retroalimentación negativa que se suministra a un motor para mantener constante su velocidad. Se usa mucho en los sistemas dinámicos como un ejemplo de sistema en que la representación de información no se puede separar claramente las operaciones que se hacen en esa representación.

bernador está diseñado para hacer una tarea dada, y entonces añade contenido a sus estados basados en la manera en que hace la tarea. Las representaciones del gobernador de Watt son usadas y producidas sin ser sujetas a manipulaciones gobernadas por reglas y sin necesariamente tomar parte en inferencias.

Para Chemero, ésto no cumple la hipótesis natural, de hecho, como se habla de AORs es muy difícil decir qué es lo que representan. El teórico de sistemas dinámicos puede argüir por la hipótesis del conocimiento vía la postura dinámica mientras que (1) haya una larga clase de modelos dinámicos para los que los tintes representacionales añadan poco a la explicación matemática y (2) la mejor explicación del fenómeno cognitivo caiga en esta clase. La segunda condición es un asunto empírico.

Una vez que se tiene una descripción dinámica (con todos los términos matemáticos de acoplamiento con el ambiente) la descripción del sistema se puede hacer en términos representacionales pero realmente no añade nada al entendimiento del mismo. Esto da soporte a la hipótesis del conocimiento.

Algo que es cierto es que aunque en realidad los sistemas cognitivos sean sistemas dinámicos, nuestro entendimiento de los mismos requieren que tengan representaciones ya que las historias representacionales puedan proveer ventajas cruciales para entender ciertos comportamientos, especialmente los más complicados tipos de comportamientos o fenómenos cognitivos (como los simbólicos). Si esto fuera así, la postura dinámica no sería suficiente y la hipótesis del conocimiento sería falsa, a menos que pueda proveer guía de muchos fenómenos cognitivos “complejos”, lo que se requiere es que estas explicaciones fueran unas en las que la explicación representacional no explicara nada que no fuera ya explicado por un sistema dinámico en un sistema agente-ambiente.

Para esta explicación que Chemero quiere mantener desde la ciencia cognitiva encarnada radical se requiere entonces que la percepción sea directa. Más aún, los animales deben ser capaces de usar la información del ambiente para guiar la acción sin procesamientos complejos, sin gimnasia mental. “Para ello se requiere que las percepciones sean afordancias, o oportunidades de comportamiento. Así, se debe ser capaz de percibir directamente. Pero hasta ahora no hemos mencionado nada del contenido, es decir, de lo que se percibe de hecho. Aquí es donde las afordancias hacen su entrada. Siguiendo a Gibson, mantendré que los animales perciben afordancias directamente” (Chemero, 2009, p. 135). Veamos entonces la salida de Chemero.

La diferencia principal entre las teorías inferencial y directa de la percepción concierne la locación del contenido perceptual. En las teorías inferenciales los significados surgen dentro de los agentes, basados en sus interacciones con el ambiente físico. En las teorías de la percepción directa el significado está en el ambiente y la percepción no depende de inferencias que confieren significados; en vez de eso el

animal simplemente almacena información de un ambiente cargado de significados en el sentido de que contiene afordancias, y las afordancias tienen significado para los animales. Pero si el ambiente contiene significados, entonces no puede ser meramente físico. Esto pone una carga teórica muy pesada a la ciencia cognitiva encarnada, lo cual lleva a que la ciencia cognitiva encarnada radical requiere una ontología distinta. Se requiere un entendimiento coherente de cómo es el mundo de manera que pueda contener significados y no ser simplemente físico. Esta ontología la da Gibson (1979) en su teoría de las afordancias.

La primera noción que da Gibson de la afordancia es “las afordancias del ambiente son lo que éste *ofrece* al animal, lo que le *provee* o le *suministra*, sea para bien o mal” (Gibson, 1979, p. 127). Como tal una afordancia es un recurso que el ambiente le ofrece a cualquier animal que tiene las capacidades de percibirlo y usarlo; de manera que son propiedades del ambiente en relación al animal, pues proveen la oportunidad de tipos particulares de comportamiento. Pero tan solo dos páginas después Gibson dice:

Una afordancia no es una propiedad objetiva ni una subjetiva, o es las dos si se quiere. Una afordancia corta a través de la dicotomía de lo objetivo-subjetivo y nos ayuda a entender su incompetencia. Es igualmente un hecho del ambiente y un hecho del comportamiento. Es tanto física como psíquica, sin ser ninguna. Una afordancia apunta en las dos direcciones, al ambiente y al observador (Gibson, 1979, p. 129).

Como vemos esta descripción es sumamente confusa, no deja claro realmente nada. Lo que hace entonces Chemero y que lo describiremos pues nos ayudará a dar la caracterización de las representaciones que buscamos es dar una descripción de las afordancias como AORs que sea ontológicamente respetable y se pueda usar en la ciencia encarnada radical; y en nuestro caso para caracterizar la experiencia de la percepción temporal desde las representaciones orientadas a la acción.

Lo primero a lo que llama la atención Chemero (2009, p. 139-40) es a la distinción entre las características y las propiedades de los objetos. Lo importante de esta distinción es que para Chemero percibir afordancias es ubicar características de situaciones completas que llevan a la acción. Y como las características no son propiedades, las perspectivas que toman a las afordancias como propiedades de los objetos no pueden ser correctas.

Estas características de situaciones completas involucran también al animal, de manera que percibir algo acerca de la situación entera no puede ser percibir algo del ambiente divorciado del animal. Esto nos lleva a que las afordancias son relaciones

## ¿Nos podemos deshacer de los modelos de las representaciones mentales?

entre animales y las características de situaciones y su forma lógica es “La relación de afordancia se mantiene entre el ambiente y el organismo. O el ambiente afordea el comportamiento *x* para el organismo” (Chemero, 2009, p. 140-1). Pero además, Chemero mantiene (basado en una serie de experimentos, que las afordancias son “relaciones entre habilidades y características del ambiente” (Chemero, 2009, p. 145).

Pero es importante ver aquí que las habilidades no son disposiciones, pues las disposiciones, cuando se dan en las condiciones que les permite darse, está garantizando que se manifiestan. Pero esto no es cierto de las habilidades, de manera que hay algo inherentemente normativo en ellas. Los individuos con habilidades deben comportarse de ciertas maneras, y pueden fallar en hacerlo. Pero las disposiciones no fallan, simplemente están o no en las circunstancias correctas para manifestarse. De manera que una mejor forma de entender las habilidades es como funciones, pues las funciones dependen de la historia de desarrollo del individuo o de la historia evolutiva de la especie, en ambos casos ocurre en el contexto del ambiente. Así, las habilidades, como las afordancias, son relaciones. Las afordancias son entonces el pegamento que mantiene al animal y al ambiente juntos, existe sólo en virtud de la presión de selección ejercida por el ambiente físico en los animales. Además, las habilidades de un animal implican un nicho ecológico. Chemero (2009, p. 148) define el nicho como:

empecemos con un conjunto de posibles situaciones, *S*. Para cada habilidad *ai* hay un subconjunto de *S*, *si*, en el que esa habilidad se puede ejercitar. Supongamos que un organismo tiene las habilidades *a<sub>1</sub>, ..., a<sub>n</sub>*. El nicho de ese organismo será la unión de *s<sub>1</sub>, ..., s<sub>n</sub>*, para cada habilidad *a<sub>1</sub>, ..., a<sub>n</sub>* que tiene el organismo. Esta colección de situaciones forma el nicho cognitivo, comportamental y fenomenológico (Chemero, 2009, p. 148).

Pero falta un ingrediente final para el enfoque enactivista radical: el dinamismo. En un tiempo corto de comportamiento, las habilidades sensomotoras del animal se manifiestan en una acción encarnada que causa cambios en la disposición de las afordancias disponibles, y esas afordancias cambiarán la manera en que las habilidades se ejecutan en la acción. De esta manera las afordancias y habilidades interaccionan en tiempo real y son causalmente dependientes las unas de las otras. Metiendo estas consideraciones Chemero pretende combinar la conexión entre el acoplamiento sensomotor y los organismos, tal como lo entienden los enactivistas. De esta manera se tiene una ciencia cognitiva encarnada radical como una ciencia completamente dinámica del sistema entero cerebro-cuerpo-ambiente: un estudio no-representacional neurodinámico del sistema nervioso y las habilidades sensomotoras. Este esquema lo resume (cf. Chemero, 2009, p. 153).

#### 4 DE AHORA EN ADELANTE LLAMAREMOS REPRESENTACIÓN A...

Como hemos visto de todo el debate presentado hasta ahora de las representaciones, existen diversos puntos de vista para tomar en cuenta en una caracterización de las mismas. Para el tema que a nosotros concierne, el de la percepción de la temporalidad, mantendremos primeramente que no entenderemos por representación las representaciones como palabras, de manera que podemos decir que las representaciones *no* son (Gallagher, 2008, p. 364):

- (1) interna: se extiende para incluir aspectos encarnados-ambientales y es sólo neuronal en un sentido “débil”;
- (2) una cosa discreta duradera: es más bien un proceso temporal, dinámico y distribuido;
- (3) pasivo: es pragmáticamente enactivo, actuando pro-activamente a la adaptabilidad del sistema;
- (4) separable: de hecho, si es para seguir siendo teleológico, debe continuar rastreando x o debe implicar una anticipación continua y en línea o una protención de un estado motor predicho;
- (5) instruccional: no es suficiente para resolver el problema del sentido común o del marco;
- (6) homuncular ni interpretativo.

Es decir que, como ya explicamos y retomando a Dreyfus, tomaremos más la idea del *saber cómo*, que no requiere representaciones mentales disposicionales intencionales ni tampoco las que son interpretables semánticamente. Retomaremos también su propuesta de apelar al modelo de las “redes neuronales de pre-alimentación simulada”, lo cual nos permite establecer que dado un input las conexiones entre las neuronas son modificadas por un instructor que hace que dicho input se ponga a la par con lo que el instructor apela a ser el mejor comportamiento en un contexto dado.

En términos generales podemos caracterizar entonces a la representación orientada a la acción (AORs) como lo hace Wheeler, es decir que:

- (i) es de acción específica: está hecha a medida para un comportamiento específico y diseñada para representar el mundo en términos de especificaciones para acciones posibles;
- (ii) es egocéntrica: las características son relativas al portador en contenido y encaradas por mapas espaciales en un sistema coordenado egocéntrico;

(iii) es intrínsecamente dependiente del contexto: la representación explícita del contexto es rehuida a favor de propósitos de acoplamientos adaptativos especiales situados que implícitamente definen el contexto de la actividad en sus principios básicos operativos.

Esto implica que las AORs involucran factores en el ambiente y en el cuerpo no-neurales en el sentido en que los resultados comportamentales que están respaldados en elementos representacionales localizados neuralmente también dependen en una manera causal no trivial de contribuciones de elementos extra neurales.

Sin embargo, no nos pondremos del lado de Wheeler al caracterizar la representación como homuncular, sino que más bien retomaremos las condiciones que debe de cumplir que vimos que plantea Rowlands:

- (a) condición de la información;
- (b) condición teleológica;
- (c) condición del desacoplamiento;<sup>8</sup>
- (d) condición de la mal-representación;
- (e) condición combinatoria.

Y además, retomaremos lo que para Gallagher (2008, p. 361) en un modelo fenomenológico no representacional de una estructura dinámica temporal, en donde la acción conlleva:

- (1) un mantenimiento pragmático de la retención en línea de los aspectos relevantes del ambiente como está siendo experimentado;
- (2) un aspecto anticipatorio o protencional que es una característica implícita de mi proyecto inmediato determinado por el acoplamiento con el ambiente;
- (3) los movimientos continuos que constituyen los estados actuales dinámicos del sistema.

Es decir que los procesos sensomotrices en línea que sirven a la acción intencional y que están temporalmente estructurados en relación dinámica con el ambiente son de hecho ricamente adaptativos y arbitrarios en un sentido relevante, pero no son homunculares, lo cual quiere decir que no conllevan un elemento interpretativo.

<sup>8</sup> En el sentido de que podemos admitir que una vez que la representación es separada ya no tiene una función directa en la misma acción, aunque puede asistir a la planeación de una acción en un sentido como el que plantea Dreyfus.

El proceso dinámico (más causal que comunicativo) no requiere la idea de que una parte discreta del mecanismo interprete en aislamiento (o fuera de línea) la información presentada por otra parte. En vez de eso, la acción misma del modelo dinámico es caracterizado por un aspecto anticipatorio-protencial que funciona sólo en relación con el proyecto en línea y continuo, determinado por el acoplamiento con el ambiente. La acción envuelve procesos temporales que pueden ser explicados mejor en términos de sistemas dinámicos de causación recíproca continua auto-organizada.

Lo que el agente adquiere a través de la experiencia no es vía las representaciones sino vía la experiencia de situaciones discriminadas, algo importante es que esas discriminaciones en la acción llevan en gran medida emociones e intuiciones en todo momento.

Ahora bien, en la otra parte del debate, que es más epistemológico, podemos ver que las AORs son más *primitivas* que otras representaciones pues llevan a comportamiento efectivo sin requerir la separación de representaciones del estado del mundo de las metas del sistema cognitivo. Esto quiere decir que el agente no produce representaciones neutrales de acción del mundo que luego puede usar como acciones que producen la guía de su comportamiento, sino que desde el principio son representaciones enfocadas en hacer la acción desde un inicio. Algo importante de esta caracterización es lo que tomaremos de Chemero en cuanto a que las afordancias gibsonianas son entonces ejemplos de AORs (cf. Chemero, 2000, p. 4). Así, a nuestra caracterización de representación concluye en que las podemos llamar AORs o afordancias, implicando todas las características que acabamos de nombrar, y sus implicaciones.

## CONCLUSIONES

La ciencia cognitiva enactiva y situada requiere entonces una ontología distinta a las teorías clásicas de la representación como palabra. Se requiere un entendimiento coherente de cómo es el mundo de manera que pueda contener significados y no ser simplemente físico, un mundo donde puedan caber las AORs con una ontología coherente, como vimos en el apartado de Chemero. Esta ontología la da Gibson en su teoría de las afordancias, entendiendo como afordancia las “relaciones entre habilidades cognitivas y características del ambiente” (Chemero, 2009, p. 145). Y entendiendo que las habilidades de un animal implican un nicho ecológico como ya lo definimos más arriba.

Debemos entonces dejar ir la noción de que el rol primario de la actividad sensitiva informacional es guiar hacia productos con contenido, representacionales como palabras. Esto permite poner atención a características de la actividad cognitiva básica o a la acción como tal. Para ello hay que poner la dinámica compleja en la luz central de

## ¿Nos podemos deshacer de los modelos de las representaciones mentales?

la escena para ir hacia el enactivismo, como lo hacen Rowlands y Chemero. Si no hay información de contenido en el mundo, entonces no hay contenido informacional en el mundo para ser adquirido por las mentes. Este principio mina cualquier teoría de representación que requiere tomar seriamente la idea de que el contenido informacional es la base de la producción de más complejas representaciones. Este principio empata muy bien con la idea que ya exploramos de afordancias, pues justamente se desdibuja la frontera entre el mundo y el sujeto para hablar de una relación dinámica, como lo plantea Chemero.

Podemos ver que desde el marco de la ciencia cognitiva enactivista tomaremos a las representaciones como orientadas a la acción. Las representaciones orientadas a la acción son representaciones que tanto describen la situación como sugieren una reacción apropiada a ella, son esencialmente representaciones de afordancias. Las representaciones orientadas a la acción son tanto locales como personales: son locales en tanto que se relacionan que rodean al agente y son personales en tanto que están relacionadas a las necesidades y habilidades que el agente tiene.

La ciencia cognitiva encarnada no radical toma a las representaciones orientadas a la acción como las bases de la cognición humana y, probablemente, como las únicas representaciones accesibles a la mayoría de los no humanos. Así, si se analizan las representaciones orientadas a la acción de diferentes especies y en diferentes momentos ontogenéticos se encontrarán divergencias fuertes pero esto es de esperarse si se toma en cuenta que los sistemas perceptivos guían el comportamiento. Así, podemos decir que ningún animal representa el mundo de una manera correcta, de hecho representar el mundo como independiente del animal no es posible si estamos en esta perspectiva y más aún, no es lo que nos interesa pues lo que hacen estas representaciones es guiar la acción. Así, como las AORs están íntimamente unidas a las necesidades y capacidades sensomotoras y no son reflexiones adecuadas de una realidad independiente de la mente, lo mismo ocurrirá con el pensamiento más complejo basado en el lenguaje.❷

*Melina GASTELUM VARGAS*

Facultad de Filosofía y Letras,  
Universidad Nacional Autónoma de México.

*megava@gmail.com*

Can we get rid of mental representation models  
in cognitive science?

## ABSTRACT

In this article I pretend to give an account of the models that have been used to understand the term mental representation from different approaches that have shown in philosophy of mind, focussing and defending a stand in which we can get rid of the “classical” characteristics of representation and we can take some of them from an enactivista and situated perspective. For that I will briefly present a description of the classical postures to then concentrate in detail in the way to defend a kind of representation from an enactivista and situated account. With this I will characterize the kind of representation that is necessary for perceptual phenomena, and specially I will give examples or temporality perception along the work.

KEYWORDS • Mental representation. Action oriented representations. Affordances. Intentionality. Enactivism. Situated cognition.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKS, R. Intelligence without representation. *Artificial intelligence*, 47, p. 139-59, 1991.
- \_\_\_\_\_. *Cambrian Intelligence*, Cambridge: The MIT Press, 1999.
- CHEMERO, A. Anti-representationalism and the dynamical stance. *Philosophy of Science*, 67, 4, p.625-47, 2000.
- \_\_\_\_\_. *Radical embodied cognitive science*. Cambridge: The MIT Press, 2009.
- CLARK, A. *Being there*. Cambridge: The MIT Press, 1998.
- DREYFUS, H. Intelligence without representation: Merleau-Ponty's critique of mental representation, *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1, 4, p. 367-83, 2002.
- FODOR, J. A. & PYLYSHYN, J. How direct is visual perception: some reflections on Gibson ecological approach. *Cognition*, 9, p. 139-96, 1981.
- GALLAGHER, S. Are minimal representations still representations? *International Journal of Philosophical Studies*, 16, 3, p. 351-69, 2008.
- \_\_\_\_\_. The socially extended mind. *Cognitive Systems Research*, 25, p. 4-12, 2013.
- \_\_\_\_\_. *How the body shapes the mind*, Oxford: Oxford University Press, 2005.
- GIBSON, J. *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin, 1979.
- HAUGELAND, J. *Artificial intelligence: the very idea*. Cambridge: The MIT Press, 1985.
- HENDRIKS-JANSEN, H. *Catching ourselves in the act*. Cambridge: The MIT Press, 1996.
- MAY, L.; FRIEDMAN, M. & CLARK, A. (Ed.). *Mind and morals: essays on ethics and cognitive science*. Cambridge: The MIT Press, 1996.
- MILLIKAN, R. G. Pushme-pullyou representations. In: MAY, L.; FRIEDMAN, M. & CLARK, A. (Ed.). *Mind and morals: essays on ethics and cognitive science*. Cambridge: The MIT Press, 1996. P. 145-61.
- PITT, D (2013). Mental representation, en *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, California, Estados Unidos.
- SHAPIRO, L. *Embodied cognition*. New York: Routledge, 2011.
- ROWLANDS, M. *Body language*, Cambridge: The MIT Press, 2006.
- VAN GELDER, T. What might cognition be if not computation? *Journal of Philosophy*, 91, p. 345-81, 1995.
- WHEELER, M. *Reconstructing the cognitive world: the next step*, Cambridge: The MIT Press, 2005.
- \_\_\_\_\_. Minimal representing: a response to Gallagher. *International Journal of Philosophical Studies*, 16, 3, p. 371-6, 2008.
- \_\_\_\_\_. Cognition in context: phenomenology, situated robotics and the frame problem. *International Journal of Philosophical Studies*, 16, 3, p. 323-49, 2008b.



# Un modelo sentimental para la arrogancia epistémica

Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN



## RESUMEN

Para poder interactuar con el entorno de manera exitosa, parece necesario que los sujetos humanos conocan las deficiencias y limitaciones de sus habilidades intelectuales y sociales. Sin embargo, la fracción de la población que tiene un sesgo con respecto a sus propias habilidades es significativa. Aquí llamaré arrogancia epistémica a la afección o alteración de algunos sujetos quienes consideran que saben algo cuando en realidad no lo saben, lo que ha sido cuantificado empíricamente en el efecto Dunning-Kruger. Analizaré qué la etiología de esta alteración ha sido considerada a la luz de una falta de calibración entre la meta-cognición analítica y la creencia verdadera, lo que denominaré “incertezza o incertidumbre epistémica”. Defenderé una idea distinta, que la arrogancia epistémica se debe a una falta de calibración de la meta-cognición fenoménica, entre un sentimiento meta-cognitivo y una creencia verdadera, lo que denominaré “incertezza fenoménica”. Esto implica que lo que falla en los arrogantes epistémicos no es la meta-ignorancia sino la regulación del sentimiento de saber y de incertezza. Se argumentará al respecto y se propondrá una simulación de una población afectada utilizando un modelo SIR, donde se interpreta el efecto Dunning-Kruger de una manera distinta y se muestra como la recuperación de esta afección no depende únicamente de aprender creencias verdaderas, sino de una adecuada regulación de los sentimientos epistémicos.

**PALABRAS-CLAVE** ● Sentimiento de saber. Meta-cognición. Fenomenología. Efecto Dunning-Kruger. Arrogancia epistémica. Modelo SIR.

## INTRODUCCIÓN

Hace algunos años, Justin Kruger y David Dunning (1999, 2002, 2009), dos psicólogos de la Universidad de Cornell interesados en el conocimiento humano, publicaron una elegante serie de estudios que ilustraban los déficits en la habilidad de evaluar la propia incompetencia que tienen los sujetos humanos. A partir de sus hallazgos, se mostraba que los sujetos del cuartil inferior de una población al llevar a cabo una gran cantidad de tareas, eran quienes sabían menos y también quienes sabían menos acerca de lo que sabían. Las tareas a resolver solían ser de razonamiento lógico o verbal, y también algunas técnicas médicas o deportivas. Dunning y Kruger atribuyen este problema a una meta-ignorancia producto de una inadecuada meta-cognición analítica –

meta-cognición basada en el conocimiento conceptual-, dado que los alterados evalúan incorrectamente sus estados epistémicos y no reconocen sus creencias meta-representacionales. En este artículo, yo también defiendo que la alteración subyace a un problema meta-cognitivo, sin embargo, argumento que no es la parte analítica o epistémica, sino la parte fenoménica de la meta-cognición. A pesar de que no concuerdo con el factor causal que ellos proponen, me parece muy relevante la pregunta que dejan abierta acerca de cómo ayudar a los sujetos arrogantes, es decir, a aquellos que intrínsecamente sobreestiman sus habilidades y no perciben su propia incompetencia. En este artículo, hago propio este cuestionamiento e intento responderlo.

La forma en la cual ha sido investigada esta alteración, da lugar para proponer un modelo epidemiológico donde la probable etiología, a partir de una mala calibración de las experiencias meta-cognitivas fenoménicas, resulta plausible y útil. Sobre todo porque se muestra como los afectados pueden tener una mejor recuperación e incluso obtener una cierta inmunidad, si regulan sus sentimientos epistémicos y no solo al superar la meta-ignorancia. El modelo que se propone para analizar a la arrogancia epistémica es una herramienta matemática denominada modelo SIR, expresamente el modelo Kermack-McKendrick (1991). En éste, el número de población se considera constante y sus componentes están dentro de las categorías de Susceptibles (S), Infectados (I) y Recuperados (R) (de ahí su nombre), y la suma de los tres, es el total de la población a analizar:  $S+R+I=N$ , donde N es el total de la población (cf. Hernández *et al.*, 2014; Tweedle & Smith, 2012). A lo largo del artículo, la construcción de las variables del modelo da cuenta de los objetivos al mostrar **(i)** la importancia de la distinción entre meta-cognición analítica y fenoménica, así como de la incertezza epistémica y fenoménica para entender mejor las experiencias auto-evaluadoras de los humanos. Asimismo, **(ii)** la promoción de perspectivas fenomenológicas al estudio de fenómenos cognitivos y **(iii)** la búsqueda de mejores formas de recuperarse de este tipo de afecciones a partir de elementos sentimentales.

En la primera parte, se propone una definición de la arrogancia epistémica como una alteración que es curable, se explica de manera general qué es el efecto Dunning-Kruger y cuales han sido las explicaciones causales que se han dado al respecto. Se señala que la meta-ignorancia, como un problema de la meta-cognición analítica, no es una causa suficiente para explicar la alteración arrogante. Se propone una etiología distinta, donde la causa de la arrogancia epistémica esta relacionada con una mala calibración del componente fenoménico de la meta-cognición: los sentimientos epistémicos, en particular del sentimiento de saber y de incertezza. En la segunda parte, se describen las discusiones respecto a los componentes epistémicos y fenoménicos que subyacen a los sentimientos de saber y de incertezza. Se analiza la importancia de considerar al elemento constitutivo fenoménico de la meta-cognición y se proponen

distintas aproximaciones al fenómeno de la experiencia. En la tercera parte, se sugiere la posibilidad de recuperación a partir de la regulación de la experiencia sentimental tomando en cuenta distintas técnicas desde la perspectiva en primera persona. En la última parte, se realiza una simulación matemática utilizando un modelo SIR de una población de 110,000 habitantes que ha sido afectada por la arrogancia epistémica. Se evidencia como la mejor forma de recuperación proviene de una regulación sentimental, que incluye los componentes fenoménicos previamente descritos.

## 1 QUÉ ES LA AFECCIÓN POR ARROGANCIA EPISTÉMICA?

Distingo a la arrogancia epistémica como una afección o alteración que se propaga por todo el mundo, por exposición a un entorno social donde tener conocimiento es un valor y no tenerlo un desvalor. Puede ser transmitida de persona a persona y acontece bajo ciertas condiciones, entre las que se encuentran la necesidad de éxito social, la necesidad de éxito individual, la carencia de instrucción o de un aprendizaje adecuado, y la falta de calibración entre sentimientos epistémicos y el saber. Los síntomas se manifiestan al sobreestimar el propio saber o conocimiento y realizar selecciones inapropiadas de respuestas o comportamientos, así como aceptar riesgos innecesarios para sí mismo y en ocasiones para los demás.<sup>1</sup> Algunos autores han denominado a esta afección una forma de sesgo cognitivo (interpretación errónea de lo percibido de uno mismo), en la cual las personas afectadas sufren de una superioridad ilusoria a partir de la cual evalúan erróneamente sus habilidades, como siendo mucho mejores de lo que en realidad son (cf. Ariely, 2008; Ehrlinger *et al.*, 2008).

Así, se consideran arrogantes epistémicos a aquellos sujetos humanos que no reconocen sus verdaderos niveles de experticia en cuanto a una habilidad particular – como pensar de manera lógica y realizar inferencias correctas, escribir gramaticalmente o resolver problemas conceptuales, lógicos y prácticos – o los límites de su propio conocimiento, y más bien sobreestiman sus posibilidades de éxito o su talento al considerar que lo hacen bien, cuando no lo hacen bien. Se puede considerar un tipo de arrogancia, o de sesgo cognitivo, porque se presenta por el erróneo sentir de una persona en relación consigo misma. Puede ocurrir individualmente o en grupos enteros de sujetos que no se percatan de los límites de su saber, y correlacionan de modo inadecuado su confianza epistémica con la realización objetiva de una inferencia o una práctica.

<sup>1</sup> Por ejemplo, la sobre-estimación de la propia habilidad para escalar montañas fue el segundo factor más importante que contribuyó a los 905 accidentes que ocurrieron en EUA entre 1951 y 2007 (cf. American Alpine Club, 2009).

Voy a estimar que la arrogancia epistémica puede medirse a través del efecto Dunning-Kruger, en el cual los agentes con deficiencias sustanciales en su conocimiento o nivel de experticia no reconocen sus propias deficiencias. De hecho, a pesar de cometer error tras error, estas personas tienden a sentir que están haciendo las cosas bien: “Aquellos incompetentes (...) no reconocen su propia incompetencia” (Dunning, 2011, p. 260).

### 1.1 EFECTO DUNNING-KRUGER Y META-COGNICIÓN (CUANTIFICACIÓN DE INFECTADOS)

Este efecto es resultado de la evidencia empírica del estudio realizado por Kruger y Dunning (1999), en el cual los individuos en los cuartiles<sup>2</sup> más bajos en cuanto a los rangos de ejecución de una habilidad particular, suelen ser los que más sobreestiman su propia habilidad. En su estudio, al menos el 25% de la población estudiada mostraba esta afectación. Por ello, es uno de los indicadores que puede dar luz en cuanto a la cuantificación de la alteración arrogante en el modelo SIR que estoy proponiendo.

Se ha conjeturado que este efecto podría deberse a una mala calibración de las habilidades meta-cognitivas (auto-evaluadoras), es decir, de **(a)** la atribución de saber acerca de las propias habilidades cognitivas y prácticas que tiene uno mismo, y **(b)** de la regulación de estas habilidades (cf. Koriat, 2012, 2016; Moses & Baird 1999; Proust, 2015). Desde esta óptica, se favorece una teoría particular de las habilidades meta-cognitivas, en la cual la meta-cognición está únicamente basada en el conocimiento conceptual. Por ello, puede denominarse meta-cognición analítica y ser explicada en los términos de una actividad meta-representacional para monitorear la propia cognición, y de una auto-evaluación del conocimiento teórico del sujeto que conoce (cf. Flavell, 1979). En esta dirección, Kruger y Dunning (1999, 2002, 2009) proponen que el fallo cuantificable de la arrogancia epistémica en el efecto Dunning-Kruger, es causado por la meta-ignorancia que se deriva de una errónea meta-cognición analítica. Esto implica, que la auto-evaluación de las personas que pertenecen al cuartil más bajo está equivocada, a raíz de su poca habilidad y de su carencia de conocimiento acerca de lo que es tener la adecuada habilidad. Estos individuos son “inhábiles e inconscientes”, ya que no hay una retroalimentación desde la ejecución de su propio conocimiento (cf. Kruger & Dunning, 1999).

La propuesta causal de estos autores me parece plausible, al igual que ellos considero que el problema proviene de la meta-cognición; sin embargo, no concuerdo

<sup>2</sup> En los estudios llevados a cabo por Dunning y Kruger, se utilizaron herramientas de la geometría descriptiva para analizar a la población estudiada, se ordenaron los datos obtenidos en cuanto al rendimiento de los participantes del menor al mejor. El cuartil más bajo se trata del 25% de la población que mostró el peor desempeño.

con este único factor causal, no creo que solo la meta-ignorancia esté involucrada. Bajo mi apreciación, las habilidades meta-cognitivas no solo están vinculadas con las facultades epistémicas y conceptuales del saber, sino también están relacionadas con procesos subjetivos y fenoménicos, como con los sentimientos epistémicos. El agente humano no solo sabe lo que sabe, sino que también siente lo que sabe y lo que no sabe. Estos sentimientos son experiencias fenomenológicas que afectan a los procesos mentales – como creencias –, a los procesos auto-evaluadores – como la meta-cognición –, y a los comportamientos o habilidades (cf. Proust, 2015; Arango-Muñoz, 2014; Dokic, 2012). Su relación con la arrogancia epistémica se suscita, en especial, con uno de ellos: con el sentimiento de saber (que denotaremos SS). Mi hipótesis al respecto, propone que los arrogantes epistémicos tienen una mala calibración entre sentir que saben y el saber epistémico correcto. En vez de experimentar un sentimiento de incertezza o de no saber, experimentan un sentimiento erróneo de saber.

Entonces, no se trataría de únicamente de una meta-ignorancia en el terreno epistémico, sino de un problema de control y regulación de los sentimientos meta-cognitivos, en el terreno fenoménico. De ser así, podríamos disminuir la aparición de este efecto, y por lo tanto de la alteración arrogante, si encontráramos maneras para aprender a calibrar la meta-cognición fenoménica. Una posible ruta en este ámbito es una regulación sentimental, la cual puede minimizar de modo efectivo la sobreestimación de la habilidad en aquellos ejecutantes del cuartil del rango inferior y recuperar a los afectados. Así, los agentes alterados tienen posibilidades de recuperación a través de una regulación de sus sentimientos meta-cognitivos (asociado con el rango  $\beta$  o  $\mu$  que veremos más adelante en el modelo SIR).

Para poder proponer una vía en esa dirección, se vuelve necesario subrayar algunas de las distinciones mencionadas, en especial en cuanto a la meta-cognición fenoménica y a la meta-cognición analítica o epistémica. Autores como Dokic (2012) o Proust (2008) han formulado demarcaciones en este sentido, el primero entre procedimental y deliberativa; y la segunda entre meta-cognición implícita o explícita. En ambas, se diferencian el monitoreo y control de los procesos de primer orden, con los juicios que pueden ser utilizados en el razonamiento teórico o práctico. Aunque considero muy relevante este tipo de formulaciones, la distinción a la que se alude en este artículo apunta más hacia los elementos constitutivos de la meta-cognición, no tanto en términos personales o subpersonales, sino desde la subjetividad de la primera persona y la objetividad de la tercera persona. En los apartados siguientes se profundiza al respecto.

## 1.2 META-COGNICIÓN ANALÍTICA E “INCERTEZA EPISTÉMICA”: POSIBLES INFECTADOS

En la epistemología tradicional se entiende por “creencia” a aquellas situaciones o estados de cosas que son susceptibles de ser consideradas verdaderas o falsas. En particular, para la filosofía de la mente, la creencia refiere a los contenidos proposicionales de las cosas del mundo, las cuales se encuentran en el interior de la mente de los sujetos. Mientras que el “conocimiento” es aquella creencia verdadera que goza de justificación, es decir, creencias respecto a las cuales se puede elaborar una justificación que legitima su verdad o confiabilidad. Desde este punto de vista, que un sujeto tenga una creencia verdadera (por ejemplo, “la capital de Chile es Santiago”) es independiente del sentir con que dicha creencia se experimenta, como la fuerza o el alto o bajo grado de convicción. Dicho de otra manera, el contenido proposicional de la creencia refiere solamente al estado de cosas del mundo que denota, su verdad o falsedad en términos epistémicos, no al grado o fuerza de convicción con que dicha creencia se experimenta (cf. Barry, 2013). En contraste, el “SS: sentimiento de saber” o el “sentimiento de certidumbre” se refiere a la experiencia fenoménica de un agente respecto a la verdad de una creencia. Distinguiremos así entre la experiencia de certidumbre que el agente vive a partir del grado o fuerza de convicción de la creencia, que llamaremos “certidumbre fenoménica”, de la “certidumbre epistémica”, como al grado de justificación epistémica que tiene la creencia. Los conceptos contrarios, que se refieren a la creencia falsa o a la experiencia de incerteza o de no saber serían la “incertidumbre fenoménica” e “incertidumbre epistémica”, respectivamente. Tanto el grado de justificación epistémica de lo verdadero o falso de una creencia, como la experiencia de certidumbre que se vive a partir del grado o fuerza de convicción, están relacionadas a las habilidades meta-cognitivas de los agentes humanos. Por lo que estaríamos extendiendo las facultades auto-evaluadoras de la meta-cognición, ya no exclusivamente a la atribución de saber acerca de las propias habilidades y de su regulación, si no a aspectos fenoménicos asociados a la experiencia de certidumbre. No obstante, en este apartado nos avocaremos a la meta-cognición analítica, definida como la meta-cognición que está basada en el conocimiento conceptual (cf. Dokic, 2012). Sus habilidades se consideran creencias meta-representacionales, que son explícitamente acerca de los propios estados epistémicos, y que proveen a los sujetos de un acceso inferencial a sus estados de conocimiento de primer orden.

Como hemos mencionado, Kruger y Dunning (1999) y Dunning (2011, 2014) plantean que la causa de la arrogancia epistémica proviene de una meta-ignorancia (ignorancia de la ignorancia), la cual surge: **(i)** por la falta de experticia y conocimiento que suele esconderse en el dominio de lo que él denomina: no conoce lo que no sabe

(*unknown unknowns*); o (ii) porque se oculta por creencias erróneas o conocimiento anterior que no es suficiente para concluir una respuesta correcta; o (iii) porque las varias instancias de la ignorancia pueden estar ocultas bajo falsas creencias que las personas consideran, erróneamente, conocimiento válido en el dominio en cuestión.

En concreto, para estos autores el efecto Dunning-Kruger es una evidencia empírica de la meta-ignorancia que se suscita por una mala calibración de la meta-cognición analítica. Dado que es el conocimiento incompleto o erróneo es lo que lleva a los agentes a cometer errores, y lo que evita que ellos mismos puedan reconocerlos. Así, los meta-ignorantes suelen creer que actúan de manera adecuada, con una experiencia indudable, cuando en realidad entienden de manera errónea o calculan equivocadamente y no pueden reconocerlo: su propia ignorancia es invisible para ellos mismos. Ellos creen que tienen una certeza epistémica, cuando en realidad tienen una creencia falsa y por lo tanto una incertidumbre epistémica.

En este sentido, la categoría del “no conoce lo que no sabe” como el único factor causal subyacente de la arrogancia epistémica, se trata del grado de justificación epistémica que tiene la creencia, por lo tanto, la meta-cognición se plantea como exhaustiva al terreno analítico y epistémico. No se toma en cuenta la experiencia subjetiva que implica la experiencia de incertidumbre.

Lo que nos lleva a pensar que la meta-ignorancia se ha analizado desde el marco explicativo de las teorías representacionales de la mente (TRM),<sup>3</sup> donde se asume que los agentes humanos evalúan y regulan su conocimiento o carencia de él, a partir de sus capacidades introspectivas. Por lo que las experiencias conscientes son transparentes acerca de su objeto, es decir, el objeto constituye la experiencia y el sujeto no puede ocuparse de nada excepto del objeto (cf. Tye, 2000; Dretske, 2003). Esto implica que el contenido proposicional de la creencia no es más que el objeto externo que es presentado al sujeto en forma de representaciones semánticas (cf. Soteriou, 2013).

Ahora bien, aquel que “no conoce lo que no sabe” si lo analizamos desde el desde el punto de vista de la primera persona y no desde la tercera persona – como hace Dunning (2011) y Dunning y Kruger (1999, 2009) siguiendo la tradición representacionalista –, los agentes carecerían de la experiencia consciente respecto a la ausencia de su propio conocimiento. En otras palabras, más allá de un problema de creencias, los agentes carecerían del sentir que no saben. Al definirlo de manera exhaustiva en

<sup>3</sup> La teoría representacional de la mente (TRM) es un intento por explicar los estados mentales intencionales en términos del concepto de representación, donde la experiencia tendría un contenido intencional con condiciones de veracidad. Los estados mentales son estados intencionales, actitudes proposicionales: estado mental de tener alguna actitud u opinión acerca de una proposición o del estado potencial de situaciones en las cuales la proposición es verdadera. Quizás el más común de ello, y el que en ocasiones generaliza a los demás, es la creencia.

terminos de meta-ignorancia epistémica, se deja fuera el componente fenomenológico que no puede pasar desapercibido: el no conocer que no se sabe es también una experiencia consciente que puede describirse como un no sentir que uno no sabe. Y el contenido (de ser contenido) de la experiencia de sentir, no sería objeto de evaluación epistémica. Cómo un sentimiento de incerteza que implica la carencia de una incertidumbre fenoménica.

El movimiento de agregar a la meta-cognición fenoménica en la discusión, es particularmente importante para la arrogancia epistémica por dos razones, la primera de ellas, es que toma en cuenta un elemento fenoménico que no ha sido parte de las conceptualizaciones o definiciones de esta afección. La segunda, es que provoca una nueva posibilidad de recuperación de la arrogancia epistémica, no a partir de la liberación de una meta-ignorancia por vías epistémicas al re-aprender creencias verdaderas para regular la meta-cognición analítica, sino a partir de la calibración de experiencias fenoménicas.

## 2 EXPERIENCIA Y META-COGNICIÓN

Con el advenimiento de tradiciones continentales, pragmáticas y naturalistas al estudio de la cognición, la naturaleza de la meta-cognición deja de plantearse como únicamente conceptual o epistémica, sino con presencia de elementos corporales y experienciales.<sup>4</sup> Lo que da lugar a pensar en el rol que las experiencias fenoménicas pueden jugar en la producción y explicación de la acción mental y corporal, sin tener un contenido propiamente semántico (cf. Dewey, 1884; Merleau-Ponty, 1962; Brentano, 2004 [1874]; Varela *et al.*, 1991; Damasio, 1999; González-Grandón, 2016a). La experiencia, ha sido muchas veces reducida a un elemento de la justificación epistémica o simplemente invisibilizada. En esta parte del artículo, me interesa mostrar algunas de las discusiones que se han suscitado al respecto. Sobre todo, a raíz de que son muchos los filósofos de la mente y psicólogos cognitivos, que explícita o implícitamente, aceptan la división de los estados mentales entre intencionales (creencias y deseos) y fenoménicos (percepciones y sensaciones). De esa manera, se plantea una división prácticamente ontológica entre los aspectos fenómenicos e intencionales de la mente, que da lugar a suponer una meta-cognición sin elementos fenoménicos.

Dretske (2003) muestra esta tendencia:

<sup>4</sup> Como, Prinz (2004) y Dokic (2012) que afirman que los SE están corporizados y dirigidos a una condición interna del cuerpo del agente.

Yo creo que las cualidades que se experimentan, la forma en que las cosas parecen ser fenoménicamente (cuando, por ejemplo, uno mira o alucina una calabaza naranja), son—todas ellas—propiedades de las cosas que la experiencia representa como teniéndolas (...). Si *qualia* es entendida (como yo la entiendo) como siendo cualidades que, al tener una experiencia, uno está conscientemente percatado de aquellas cualidades (entonces) que, desde una perspectiva en primera persona, al distinguir un tipo de experiencia de otra, entonces *qualia* son un conjunto de propiedades físicas y objetivas (Dretske, 2003, p. 67).

No obstante, más allá de defender o negar la existencia de *qualia*, considero que reducir la experiencia fenoménica a un tipo de *qualia*, no sería suficiente. Aunque se debe ser justo con Dretske y señalar que su planteamiento se refiere a experiencias en general, y no específicamente a la meta-cognición. En contraste, una aproximación que intenta explicar de manera más precisa la experiencia de los fenómenos relacionados con la cognición es la tesis de la fenomenología cognitiva (cf. Kriegel, 2015, 2016). Esta tesis intenta confrontar la conservadora idea que atribuye fenomenología, exclusivamente, a los estados mentales perceptuales y a las sensaciones corporales. Por ello, afirma que existe algo que es como (*what is like*) tener estados cognitivos. En su argumentación, los estados mentales como creer, desear, juzgar, entre otros, tienen una fenomenología particular entre unos y otros que los agentes pueden experimentar y distinguir (cf. Strawson, 2011; Kriegel, 2015). Así, no es lo mismo experimentar, que desear o que creer, existen diferencias fenomenológicas entre diferentes actitudes que pueden estar dirigidas al mismo contenido. En efecto, es a través de una experiencia en primera persona que el sujeto es capaz de discernir en qué estado mental se encuentra (cf. Kriegel, 2016). De manera natural, la fenomenología cognitiva ha sido asociada a los sentimientos meta-cognitivos, como al SS o al fenómeno punta de la lengua (cf. Goldman, 1993; Kriegel, 2015), por lo que fácilmente puede asociarse a un sentimiento de incertezza (fenoménica) o de falta de incertezza: el sentir que uno no sabe que no sabe. Esta es una ruta poco explorada que me gustaría profundizar en trabajos posteriores.

Como podemos observar, se va generando un espacio explicativo para que la incertezza fenoménica o la carencia de ella, puedan explicarse desde aproximaciones más fenoménicas al estudio de los fenómenos cognitivos. De hecho, como Gallaguer y Zahavi (2013) plantean, la fenomenología es cada vez más utilizada entre los filósofos de la mente y los científicos cognitivistas para designar una descripción en primera persona de lo “qué es como” respecto a la experiencia. A mi modo de ver, para entender la incertezza fenoménica es importante tomar en cuenta no únicamente a la fenomenología cognitiva, sino a la fenomenología como tal.

Desde sus inicios, en Husserl o Merleau-Ponty, la fenomenología se guía no con compromisos teóricos que constriñen lo esperado, sino a partir de lo que es actualmente experimentado, es decir, de la descripción de la estructura de la experiencia en la vida mental y corporeizada. Lo que implica que no intenta dar una explicación en términos neuronales de que lo que podría causar la experiencia, ni tampoco una explicación naturalista de la conciencia o en términos del tipo del contenido que posee el sujeto. La fenomenología, desde una perspectiva en primera persona, pretende entender la experiencia en los términos del significado que tiene para la persona (cf. González-Grandón, 2016b). No es, como sería el caso para otras perspectivas en tercera persona (desde el observador externo), una búsqueda dirigida hacia cuales son los procesos objetivos o sub-personales que están aconteciendo dentro de la mente, como estados mentales o mecanismos funcionales. Más bien, la perspectiva fenomenológica que es defendida por autores como Gallaguer y Zahavi (2013) o Froese (2014), y que tiene como antecedente a Merleau-Ponty, no queda encerrada en una experiencia que es puramente subjetiva o separada del mundo, sino vivida por agentes corporeizados que interactúan con un contexto cultural y que tienen motivaciones y propósitos particulares.

Desde este marco teórico, la experiencia va a depender de las habilidades y de las posibilidades de actuar y de pensar que cada sujeto posea. La experiencia en cuanto a que el agente siente que “no conoce lo que no sabe”, va a depender de las habilidades y de las posibilidades de actuar y de pensar que el sujeto ha ido aprendiendo y construyendo a lo largo de su vida. Por ello, cuando se plantea que el contenido de la experiencia es representacional o conceptual, o cuando ni siquiera se toma en cuenta, se está perdiendo la naturaleza corporeizada y situada de la experiencia vivida en primera persona. Más allá de plantear que se desconoce o que no se tiene el contenido representacional de alguna tarea, desde este tipo de perspectivas lo coherente es decir que dada la experiencia de la falta de conocimiento que no se sabe que no se tiene, es que se ven impedidas ciertas posibilidades de actuar en un entorno particular. Asimismo, cobra importancia que la vivencia de esa experiencia específica surge porque el ser arrogante o la validez del conocimiento se suscitan solamente en ciertos contextos físicos, sociales y culturales con valores, desvalores y legitimidades particulares. No son experiencias universales, sino particulares a un cuerpo con posibilidades de actuar en contextos culturales específicos.

Entonces, en otras palabras, lo que defiendo apoyándome de una tesis fenomenológica, es que la experiencia de arrogancia epistémica es una forma de incerteza fenoménica provocada por un sentimiento epistémico, que tiene un componente fenoménico constitutivo: corporeizado y situado.

## 2.1 META-COGNICIÓN FENOMÉNICA:

## SENTIMIENTO DE SABER Y DE INCERTEZA FENOMÉNICA (INFECTADOS)

El estudio y la conceptualización de los sentimientos epistémicos es relativamente reciente. Una causa probable es la escasa atención que ha recibido el sentimiento en sí mismo, desde la epistemología y las ciencias cognitivas tradicionales. Llamaremos “sentimientos” a las experiencias conscientes, subjetivas y fenomenológicas que tienen los agentes en ciertas circunstancias, que poseen una atribución evaluadora, una valencia particular, una polaridad y que motivan comportamientos de acercamiento o rechazo (cf. Carver 2003; Arango-Muñoz, 2014). Para Proust (2015), denotan a una experiencia reactiva (asociados con una evaluación de una propiedad o evento presente) con una cualidad fenoménica corporeizada y un objeto formal, que puede coincidir o no con la experiencia corporeizada. Particularmente, cómo se comenzó a esbozar en las primeras partes de este artículo, los sentimientos epistémicos o meta-cognitivos se definen como experiencias fenomenológicas que tienen un contenido especial, un poder causal sobre los procesos inferenciales y cognitivos, y un poder constitutivo en cuanto a los meta-cognitivos (Sousa, 2009; Arango - Muñoz, 2014). Algunos ejemplos son el SS (en ambas polaridades: de saber y de incerteza), el sentimiento de duda, el sentimiento de certeza, el sentimiento de olvido, el sentimiento de familiaridad o el fenómeno punta de la lengua (cf. Sousa 2009; Proust, 2008; Arango-Muñoz, 2014; Dokic, 2012). Su rol en la vida mental resulta relevante, porque parecen ser parte del componente normativo del agente sobre el mundo. Es decir, podrían ser promotores de resultados exitosos en el proceso cognitivo y al actuar.

De alguna manera, en casi cualquier circunstancia, el agente humano suele estar listo para juzgar, razonar o actuar sobre la base de sus sentimientos sin más preámbulos. Probablemente por ello, los sentimientos de saber (SS) en ambas polaridades – de certeza, o de incerteza– han sido descritos como juicios espontáneos (ella juzga que algo es el caso solo porque ella siente que es de esa manera). Como consecuencia, los SS actúan como las primeras premisas tanto en el razonamiento teórico como en el práctico (cf. Koriat, 2016). En esta línea, los SS son considerados un tipo de sentimiento meta-cognitivo –como se ha explicado anteriormente– un elemento del sistema de comprobación y equilibrio que actúa de manera auto-referencial y reflexiva. Así, tales experiencias de monitoreo y control se refieren a la evaluación subjetiva del propio conocimiento, a su monitoreo y a su regulación al guiar y afectar el comportamiento (cf. Nelson, 1996; Koriat, 2012, 2016). Siendo así, los SS actúan como un tipo de juicio de saber o de no saber basado en sentimientos, el cual provee a los agentes humanos de una experiencia subjetiva de saber que ellos pueden o no pueden recuperar información desde el almacén de la memoria declarativa y episódica. Es decir, que

cuando los individuos intentan recuperar información desde la memoria, el SS señala que la información buscada es asequible en la memoria almacenada y que vale la pena buscarla. Arango-Muñoz (2013, 2014) analiza este elemento del SS como una experiencia concreta que el agente vive cuando se le pregunta algo y ella tiene un sentimiento dirigido hacia una respuesta: ¿Sientes que sabes cuál es la capital de Chile? Si asumimos que el agente tiene un SS, esta experiencia parece indicarle que ella se encuentra en el proceso mental específico de sentir que cree tener la información apropiada para responder esa pregunta. Por lo tanto, ella sentirá que es capaz de recuperar esa información (“Santiago”) en algún instante del tiempo. Entonces, el SS puede predecir su rendimiento futuro con cierta precisión, permitiendo determinar si encontrará la respuesta adecuada o no, y motivar al agente a actuar en consecuencia. En el dado caso que no logre encontrar la respuesta en su almacén de memoria, entonces tendrá un sentimiento de incertezza. Aunque también puede ser el caso que crea tener la información correcta en su almacén de información y que no sea así. Por ejemplo, considerar que el nombre de la capital de Chile es Rio de Janeiro, sobreestimar la legitimidad de su creencia (falsa) y andar por ahí diciendo que ella siente que sabe cual es la capital de Chile. En este caso, ella estaría viviendo una falla en su meta-cognición fenoménica, porque ella siente que sabe algo (conocimiento aparente) cuando en realidad no lo sabe. Donde este tipo de meta-cognición fenoménica puede definirse como una experiencia de sobre-estimación de los sujetos en la evaluación en cuanto a sus experiencias de saber.

Si tomamos en cuenta la descripción del apartado anterior y asumimos que estos sentimientos son inferenciales en su naturaleza, estos juicios experimentados estarían basados en un uso deliberado del *saber que*, creencias y memoria declarativa o episódica, para llegar a una conjetura acerca de la propia competencia y de las cogniciones semánticas (cf. Koriat, 2012). El SS definido de esta manera parece nuevamente alimentar una visión analítica de las normas epistémicas correctas. Actúa como un juicio que aprovecha el contenido declarativo de creencias de dominio específico que es recuperado de la memoria declarativa. Por añadidura, se vuelve un juicio accesible para instruir al humano acerca de lo que es correcto y puede ser llevado a cabo, o que permite responsabilidad de la propia agencia mental (cf. Proust, 2015). Específicamente, se estaría siguiendo una propuesta muy similar a la de McGeer y Pettit (2002) quienes afirman que la auto-regulación de las mentes humanas se consigue al pensar acerca de contenidos proposicionales.

Sin embargo, dado que he querido enfatizar el componente constitutivo fenoménico de los sentimientos epistémicos en general y del sentimiento de certeza e incertezza en particular, no quiero dar mucho peso a esta concepción conceptualista del

SS. Pensar que el sentimiento, como una experiencia en primera persona, puede ser un indicador tan confiable como las razones verdaderas que justifican las creencias, no es una noción muy popular en estos días, pero tampoco tan trivial. Como se ha subrayado, el valor epistémico del sentimiento ha sido subestimado en distintas discusiones teóricas y empíricas, no obstante, como he defendido, sentir certeza o incertezas no parece consistir en tener pensamientos de segundo orden de uno mismo o auto-adscribirse el concepto de certeza, sino poseer un cierto tipo de sensibilidad corporal para los procesos cognitivos propios que puede ser aprendida y transmitida.

Dokic (2012) hace una propuesta similar al plantear que la naturaleza del SS está directamente basada en experiencias afectivas (*gut feeling*) que son independientes de las creencias:

He argumentado que los sentimientos noéticos no son creencias de alto nivel o memorias (contra el modelo simple), tampoco experiencias introspectivas acerca de estados epistémicos de primer orden (contra el modelo de acceso directo). Más bien, son experiencias corporeizadas de primer orden, llamadas experiencias afectivas no-sensoriales acerca de estados corporales (Dokic, 2012, p. 317).

En vistas de ello, en lo que sigue quiero enfatizar una propuesta más fenomenológica en la explicación del SS. Una instancia similar es aportada por Peirce (cf. Hauser, 1998) desde el pragmatismo naturalista, donde la experiencia sentimental de la duda resulta en una construcción teórica muy similar al sentimiento epistémico de incertezas. Para él, la duda no solo ocurre, sino que sucede en todo el cuerpo como una actitud corporal, como una forma particular de interactuar con el entorno. Es una experiencia corporizada de poca certeza, con tensión del cuerpo y restricción corporal general. Donde tales experiencias corporales no se plantean solamente como acompañamientos o epifenómenos de la duda, sino como la duda misma. El total significado de la situación en la que se encuentra el sujeto es dudoso. El significado de la experiencia de la duda es precisamente esa experiencia corporal. Siguiendo esta línea, los sentimientos epistémicos, como otros tipos de experiencias corporeizadas, están dirigidas a una condición del cuerpo del agente en el sentido de estar constituidos, no únicamente causados como afirma Prinz (2004), por ciertas reacciones corporales.

Uno de los neurocientíficos que con mayores aspiraciones naturalistas ha investigado y definido los sentimientos tomando en cuenta esta constitución corporal, es Antonio Damasio (1999, 2003). Este autor intentando clarificar la relación entre las reacciones corporales y las experiencias sentimentales, ha señalado que las experiencias sentimentales están constituidas por el cuerpo (ambiente interno, vísceras, sis-

tema autónomo, sistema musculo-esquelético, propioceptivo, tegumentos) y que afectan el modo de operación de numerosos circuitos cerebrales (cf. Damasio 1999, 2003).

Este acercamiento de corte más experimental resulta interesante para algunos de los objetivos de este artículo, ya que cuando veamos algunas de las maneras de recuperarse de la arrogancia epistémica, éstas tienen relación con todo este conjunto complejo de sistemas biológicos y corporeizados involucrados en la experiencia sentimental.

Al tomar en cuenta lo anterior y sugerirlo en términos filosóficos, los sentimientos como experiencias corporales no solo apuntan a ciertos objetos, sino que promueven ciertas acciones corporales o acciones mentales (idea muy similar a la de las *affordances* de la psicología ecológica).<sup>5</sup> De esta manera, los SS se describen desde una perspectiva corporeizada y como motivadores de distintas posibilidades de actuar. Así como situados, es decir, dependientes del contexto en el cual son experimentados: de lo que es correcto o incorrecto en un lugar y tiempo particular. Por lo tanto, los sentimientos de saber o de incertezas que el agente experimenta cuando está realizando una tarea cognitiva, implican una experiencia corporeizada. El agente encontrará la tarea difícil o fácil y anticipará su habilidad o in habilidad para llevar a cabo la tarea, dependiendo sus posibilidades y las que le brinda la interacción con el entorno. En el dado caso que el agente pueda terminar la tarea, tendrá el sentimiento de haberlo hecho de manera correcta o la incertezas acerca del resultado de su comportamiento (cf. Proust, 2015).

De esta suerte, los sentimientos de saber o de incertezas, no solamente son intencionales – en el sentido de ser acerca de algo – sino también direccionales, en el sentido de apuntar a una acción mental, tal como recordar (Walsh & Anderson, 2009) o hacia una acción corporal, tal como caminar. La direccionalidad, se presenta como una característica descrita por Goldie: los sentimientos están “dirigidos hacia algo” (*feeling toward*): un objeto, una persona, una situación, un saber, un recuerdo o un comportamiento. Puesto que pretendo resaltar una perspectiva fenomenológica en este artículo, la intencionalidad a la que apelo, no se trata del paradigma de intencionalidad de las actitudes proposicionales, como la creencia o el deseo. Más bien, es más cercana a la que fue concebida por Brentano 2004 [1874] como un fenómeno en primera persona que se adscribe a los procesos conscientes en la experiencia personal, siendo directas y significativas en un sentido relevante, como lo son las experiencias perceptuales o del sentir.

<sup>5</sup> *Affordance* es un término acuñado por Gibson (1979) que ha sido re-definido de distintas maneras desde su nacimiento. Para los fines de este artículo daremos cuenta de la conceptualización que ofrece Chemero (2009), en la cual se trata de relaciones entre las habilidades cognitivas y motrices de un organismo y las características del ambiente, las cuales proveen de posibilidades de comportamientos y acciones para el organismo con respecto a su ambiente percibido.

Entonces, en la presente propuesta, los sentimientos de saber o de incerteza, como ingredientes de la meta-cognición fenoménica, no son eventos sensoriales solitarios, más bien son experiencias fenoménicas que pueden expresarse de un modo corporeizado y contextual y no únicamente proposicional. Permiten a los agentes humanos evaluar y tener cierta capacidad de predicción respecto a los cambios ambientales y a las *affordances* que surgen en relación al ambiente. Enfatizando esta última característica, son fenómenos relationales que no pueden reducirse a elementos epistémicos como representaciones basadas en conceptos del mundo. Como consecuencia, los SS o la incerteza fenoménica, no son por sí mismos juicios epistémicos acerca del mundo o de los propios pensamientos, no son acerca de nada en el sentido objetivo de la intencionalidad, en cambio son acerca de las experiencias subjetivas en primera persona de los agentes humanos corporeizados y situados en contextos particulares.

Así, la arrogancia epistémica producto de una experiencia de carencia de incerteza fenoménica, se entiende como una alteración vivencial de la cual los sujetos pueden recuperarse si aprenden a regular sus experiencias sentimentales, las cuales están corporeizadas y situadas en contextos históricos y particulares.

### 3 RECUPERACIÓN DE LA ARROGANCIA EPISTÉMICA DESDE LA FENOMENOLOGÍA

Algunas soluciones que se han propuesto para que los agentes puedan recuperarse de alteraciones similares a la arrogancia epistémica, incluyen proveer un equilibrio de oportunidades de éxito o fallo a los agentes involucrados, combinar distintas habilidades en entrenamientos o promover la imaginación previa respecto a los contextos de aplicación y las estrategias imaginadas que utilizarían (cf. Moores & Chang, 2009). Dados los objetivos de este artículo, yo me centraré en el entrenamiento de la regulación y adaptación del monitoreo fenomenológico de las experiencias fenoménicas y meta-cognitivas, señalando que no es la única vía posible.

Existen principalmente dos maneras en las cuales se puede lograr esta regulación y adaptación, primero, a través de mejorar el SS generando *experticia* en su regulación con técnicas específicas de regulación corporal y visceral del sentimiento. Lo que puede ocurrir a través de la re-evaluación de la experiencia y la supresión (o promoción) de la expresión de los procesos corporales que se disparan. Segundo, a partir de intervenir directamente cuando se está viviendo la experiencia de carencia de incerteza, para hacer consciente la experiencia en primera persona y contrastarla, en el mismo instante, con el conocimiento correcto. De tal forma, lograr mejorías en la interpretación individual de las experiencias y de las competencias reales en el momento que ocurren.

Las primeras, las técnicas de regulación del sentimiento, han sido una de las maneras más estudiadas para calibrar el sentimiento con su expresión correcta, al aprender a controlar el conjunto de procesos automáticos o aprendidos que están involucrados en la iniciación, mantenimiento y modificación de la ocurrencia, intensidad y duración de los sentimientos (cf. Gross & Thompson, 2007). Las técnicas más utilizadas están relacionadas con diferentes aspectos cognitivos o corporales del sentimiento particular, en el caso que nos compete respecto al SS:

- (a)** Poner atención al sentimiento que es disparado en una situación particular, solicitar a los sujetos que describan la situación y todas las sensaciones que fueron disparadas. A partir de la descripción, se realiza una modificación consciente del SS, mostrando el error para generar un cambio cognitivo y se analiza el sentimiento disparado, su expresión y sus consecuencias para modificarlas (cf. Kross *et al.*, 2005).
- (b)** Atender la evaluación o el juicio relacionado con el sentimiento, para realizar re-evaluaciones cognitivas de lo que se considera correcto o incorrecto de la situación y optar por un juicio distinto, que se contraste con lo que es correcto o incorrecto en la realidad. Por ejemplo, cuando se solicita a los agentes que reinterpretan el estímulo sentimental a partir de la causa o el contexto que disparó la emoción, que imaginen la situación como observadores externos y tengan una visión objetiva de la situación, lo que se llama procesamiento conceptual-evaluativo o analítico (cf. Watkins, 2004; Kross *et al.*, 2005).
- (c)** Poner atención a la regulación corporal, haciendo cambios en las expresiones faciales o corporales, o incluso aprender a controlar los procesos psico-fisiológicos o viscerales característicos, en este caso, del SS o de otros tipos de sentimientos (cf. Ayduk; Mischel & Downey, 2002). Por ejemplo, controlar la experiencia emocional de la sobreestimación que incluye la expresión de saber o la excitación que causa sentir que se sabe, y aprender a cambiarla dado que es una expresión falsa.

De alguna manera la mayor parte de técnicas siguen dos tipos de estrategias para regular el sentimiento epistémico: las necesidades de promover el placer o las de evitar el dolor o las funciones orientadas a cumplir un objetivo (como regular la frecuencia cardiaca para promover la relajación). Es importante resaltar que las técnicas mencionadas suelen llevarse a cabo durante reflexiones posteriores de los afectados, primero se tiene que detectar a los arrogantes, hacerlos conscientes de su afección y solo posteriormente realizar la regulación.

Autores como Kimbrough (2007), proponen que otra manera de regular el SS y evitar la ilusión de la competencia, incluye proveer un balance de oportunidades para el fallo y el éxito, combinando habilidades en lecciones y entrenamiento que representan con precisión los contextos futuros de aplicación. Así como intervenciones para la adaptación del monitoreo meta-cognitivo al mejorar interpretaciones de la experiencia y de la competencia en situaciones impredecibles o ambiguas.

Las segundas, las intervenciones fenomenológicas que intentan desarrollar un monitoreo meta-cognitivo desde la perspectiva de la primera persona, tienen por objetivo desarrollar experiencias que calibren de manera más precisa el SS y las habilidades correctas con las que se relaciona. De igual manera, relacionar el polar sentimiento de incertezza con las habilidades incorrectas. Para algunos autores (cf. Schumann *et al.*, 2014), las intervenciones meta-cognitivas son estrategias que pueden ayudar en la interpretación y procesamiento de las experiencias a través de una serie de acciones. Las estrategias se enfocan en el desarrollo de la atención focalizada de cada uno de los pasos que involucra la habilidad intelectual que se está evaluando, y posteriormente llevar a cabo una observación y análisis a uno mismo y, por último, en los otros. Cuando los agentes se observan en primera persona, deben poner atención en sus expresiones corporales y en sus sensaciones viscerales. Del mismo modo, al mirar a los otros y poner énfasis en sus expresiones corporales y los hábitos externos propios de cada contexto cultural. No se trata únicamente de aprender a regular la certeza epistémica desde una carencia de incertezza epistémica, a través de saber lo que uno sabe y saber lo que uno no sabe, si no de aprender a regular las experiencias y ganar una certeza o una incertezza fenoménica.

Hackey y colaboradores (2008) han mostrado que las intervenciones en la meta-cognición, sobre todo en el territorio experiencial, tienen resultados positivos al reducir las auto-evaluaciones imprecisas o erróneas, mejorar la habilidad e influir en el desarrollo de creencias precisas de auto-eficacia. Estos autores, incluso apuntan directamente a que este tipo de regulación meta-cognitiva sería la mejor forma de disminuir la sobre-estimación de certeza del conocimiento de uno mismo presente entre los arrogantes del cuartil inferior en el efecto Dunning-Kruger.

Así, las intervenciones meta-cognitivas desde la primera persona, intentan influir en varios dominios de auto-evaluación (cognitiva, física y fenoménica) y ulteriormente en las experiencias de auto-eficacia. Implican una retroalimentación continua después de que cada agente realiza la tarea respecto a la precisión de la predicción de los resultados de la ejecución, y una evaluación posterior de cada agente respecto a la precisión de la tarea efectuada. En algunos casos (cf. Thiede *et al.*, 2003), se provee de un formato escrito o actuado para identificar áreas o pasos que necesitan un consecutivo desarrollo, y también de un incentivo para la auto-evaluación precisa. Utilizan-

do varios de estos elementos respecto a la experiencia en primera persona, se ha demostrado que se pueden crear cambios duraderos en la auto-evaluación precisa de los individuos. A pesar de que este tipo de intervenciones suelen ser eficaces, se debe resaltar que son lentas, los sentimientos al ser fenómenos cognitivos corporeizados y situados, implican muchos procesos y la integración de todos ellos para lograr su cambio. Asimismo, los agentes deben comparar su propia auto-evaluación con el otro, que suele ser un experto que realiza la evaluación más objetiva con lo que sería una certeza o una incertezza genuina. Es muy importante proveer de este contraste objetivo a partir de la acción corporeizada del agente experto, dado que se provee de información expresada en el cuerpo y el movimiento que muy valiosa para poder calibrar de mejor manera su experiencia de auto-evaluación. También se ha planteado que tiene buenos resultados dar ciertos incentivos o motivaciones para la mejoría (cf. Hacker *et al.*, 2008).

Como podemos observar, las intervenciones meta-cognitivas en primera persona promueven un proceso de guía reflexiva para que el agente comprenda en sí mismo cuales son sus áreas fortalecidas y cuales necesitan mejoría, así como para poder notar las discrepancias con el experto. La reflexión no solo implica procesos de subjetivación, sino también se asocia a sus expresiones corporales y posibilidades de acción. De igual modo, el experto o instructor debe plantear sus observaciones con lo que colabora en la asistencia de los procesos de auto-monitoreo. Hacker y colaboradores (2008), recomiendan llevar a cabo cursos que se repitan a lo largo del tiempo para que las intervenciones tengan una influencia durable en los agentes. Porque como hemos mencionado, este tipo de regulación sentimental lleva largo tiempo y debe ser reforzada en varias ocasiones. En otras palabras, es solo posterior a largos tiempos de entrenamiento, continuo y secuencial, que los agentes se pueden volver capaces de observar su propia experiencia de auto-evaluación y aprender a calibrarla con la realización objetiva de la tarea (cf. Tobias *et al.*, 2009). Es difícil recuperarse de una arrogancia epistémica, que el agente sienta que sabe cuando en realidad carece de una incertezza fenoménica, es una alteración compleja que requiere largos períodos de entrenamiento para su recuperación (aproximadamente de dos años). Sin embargo, es muy probable que si el agente se recupera, es decir que no vuelva a tener una carencia de incertezza fenoménica, quede inmunizado y nunca más vuelva a ser un arrogante epistémico.

A continuación, propongo una simulación de un modelo SIR, a partir del cual podemos observar que la afección por arrogancia epistémica, a pesar de ser infecciosa y peligrosa en algunos casos, se trata de una alteración con un alto índice de recuperación.

## 4 MODELO SIR

Los modelos matemáticos constituyen una herramienta poderosa para modelar procesos cognitivos reales y para realizar simulaciones de ellos. Su elaboración y resultados son de gran utilidad para aumentar la comprensión del fenómeno en estudio, realizar predicciones y, en el caso de modelos epidemiológicos, dirigir medidas más efectivas para la recuperación de ciertas alteraciones. Estos deben ser tan simples como sea posible, pero deben ser precisos, flexibles y transparentes.

El modelo SIR es un modelo epidemiológico que computa los números teóricos de personas que pueden infectarse por una determinada alteración o afección en una población cerrada a lo largo del tiempo. El nombre de esta clase de modelo deriva del hecho de que involucran ecuaciones acopladas que se relacionan con el número de personas susceptibles [ $S(t)$ ], número de personas infectadas [ $I(t)$ ] y el número de personas que se han recuperado [ $R(t)$ ]. El modelo que propongo en cuanto a la arrogancia epistémica es uno de los más simples, el modelo Kermack-McKendrick, donde el número de población se considera constante y sus componentes están dentro de las categorías de susceptibles (S), infectados (I) y recuperados (R), y la suma de los tres, es el total de la población (N).

### 4.1 SUPUESTOS DEL MODELO PROPUESTO

- Mezcla homogénea y constante de la población (edad, sexo, o características de vulnerabilidad, no afectan la probabilidad de ser infectados) que se divide en tres categorías: (a) Susceptibles; (b) infectados; (c) Recuperados (confiere inmunidad una vez adquirida).
- Inmunidad no se hereda.
- La única vía que alguien puede dejar la columna de susceptibles es infectándose.
- La única vía que alguien puede dejar la columna de infectados es recuperándose.
- Los recuperados quedan inmunes (no pueden volver a infectarse).

Pretendemos contestar dos preguntas con esta simulación: ¿qué tan contagiosa es la arrogancia epistémica? Y ¿qué tan fácil es recuperarse a partir de una regulación sentimental?

- (a) SUSCEPTIBLES A LA ARROGANCIA EPISTÉMICA (S).** Todos aquellos agentes humanos que experimenten sentimientos epistémicos, en particular el SS

o sentimiento de incertezza, es decir, que tengan habilidades meta-cognitivas epistémicas y fenoménicas.

**(b) INFECTADOS CON ARROGANCIA EPISTÉMICA (I).** Son todos aquellos agentes humanos que sufren de arrogancia epistémica, que viven una experiencia de carencia de incertezza fenoménica, que se infectan de persona a persona por exposición a un entorno social donde tener conocimiento es un valor y no tenerlo un desvalor. A pesar de que son varias las condiciones que pueden contribuir a que los agentes humanos sufran de arrogancia epistémica, desde la promoción innecesaria de éxito, aprendizaje inestable con lecciones no continuas o una regulación errónea de las experiencias fenoménicas del conocer. Para los fines operacionales en la construcción del modelo, solo tomaremos en cuenta la última condición. Así, se incluyen aquellos agentes humanos que son conscientes de su conocimiento y que tienen experiencias sentimentales epistémicas de carencia de incertezza fenoménica (SS de polaridad negativa). Para acotar al grupo, nos restringimos al considerar individuos en un rango entre 11-55 años, ya que éste representa la mayor parte de los afectados a nivel mundial. Vamos a suponer, basados en el efecto Dunning-Kruger, que la población inicial infectada de arrogancia epistémica es el 25%.

Si se complejizará más el modelo podríamos excluir de este conjunto a aquellos que sufren de enfermedades como la amnesia semántica, esquizofrenia del lóbulo temporal u otros trastornos neurológicos que evitan que el agente humano pueda sentir que es el mismo y por lo tanto que es el quien sabe o no sabe. Pero por fines de practicidad del modelo no tomaremos en cuenta estas condiciones de exclusión.

**(c) RECUPERADOS DE ARROGANCIA EPISTÉMICA (R).** Vamos a suponer que aquellos afectados de la arrogancia epistémica pueden recuperarse y obtener inmunidad. La recuperación depende de una adecuada calibración entre el SS – la carencia de incertezza fenoménica – y la creencia correcta. Es decir, de la regulación de la experiencia corporeizada del sentimiento epistémico de saber y sentimiento de incertezza, con el saber aceptado y justificado en ciertos contextos. Este proceso dura aproximadamente dos años y debe ser continuo.

## 4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO SIR

Características de la población:

La fracción de susceptibles al tiempo  $t \in \mathbb{R}$  se denota por  $S_t$ .

La fracción de arrogantes infectados al tiempo  $t$  se denota por  $I_t$ .

La fracción de recuperados al tiempo  $t$  se denota por  $R_t$ .

Tenemos que  $S_t, I_t, R_t, \in [0, 1]$ , y como cualquier individuo está necesariamente dentro de alguna de estas categorías, se cumple que para todo  $t \in \mathbb{R}$ ,  $S_t + I_t + R_t = 1$ .

Sean  $t_1$  y  $t_2 \in \mathbb{R}$  el tiempo inicial y final respectivamente. Tenemos que la tasa de crecimiento *per capita* de los susceptibles está dada por:

$$\frac{S_{t_2} - S_{t_1}}{(t_2 - t_1)} = \beta I_{t_1} \quad (1)$$

donde  $\beta \in (0, 1)$  es un variable exógena que denota la velocidad de contagio.

Asimismo, notamos que la tasa de crecimiento *per capita* de los susceptibles es proporcional a los infectados en el tiempo inicial  $t_1$ . Por lo que con una mayor fracción de infectados, tenemos un mayor contagio y un menor número de individuos sanos. Esto coincide con la hipótesis central de Kermack y MacKendrick (1927).

Consideremos que  $t_1 = t$ ,  $t_2 = t + \varepsilon$ , donde  $\varepsilon > 0$  y sustituimos en (1) para obtener:

$$\frac{S_{t+\varepsilon} - S_t}{\varepsilon} = \beta S_t I_t \quad (2)$$

Si suponemos que  $\varepsilon \rightarrow 0$ , obtenemos la derivada de la fracción de los susceptibles al tiempo  $t$ :

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{S_{t+\varepsilon} - S_t}{\varepsilon} = -\beta S_t I_t$$

Por ende tenemos que

$$\frac{dS_t}{dt} = \beta S_t I_t$$

Con lo que obtenemos una ecuación diferencial que describe la evolución de los infectados en el tiempo.

Tenemos que

$$\frac{dS_t}{dt} = \beta S_t I_t$$

$$\frac{dI_t}{dt} = \beta S_t \cdot I_t - \alpha I_t$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \alpha I_t$$

Donde la segunda ecuación de la derivada de los infectados es la diferencia entre los nuevos Infectados y los nuevos recuperados. Aquí  $\alpha \in (0,1)$  es una variable exógena y denota la velocidad de recuperación. Asimismo, observamos como el decrecimiento de los susceptibles es el crecimiento de los infectados y el decrecimiento de los infectados es el crecimiento de los recuperados (sale la fracción de infectados).

Tenemos que si  $\beta > \alpha$  la velocidad de contagio es mayor a la de recuperación por lo que la velocidad en la que los infectados aumenta es mucho mayor. Por el contrario, nuestra población se recupera más rápido si  $\beta < \alpha$ .

#### 4.3 SIMULACIÓN NUMÉRICA DE INFECCIÓN POR ARROGANCIA EPISTÉMICA

Basamos nuestros datos iniciales en los resultados expuestos en la figura 1, donde hay una población de  $N = 110.000$ , la población infectada es del 25%, la velocidad de recuperación es la doble del contagio. La población de susceptibles se mantiene a lo largo del tiempo (ver Fig. 2).

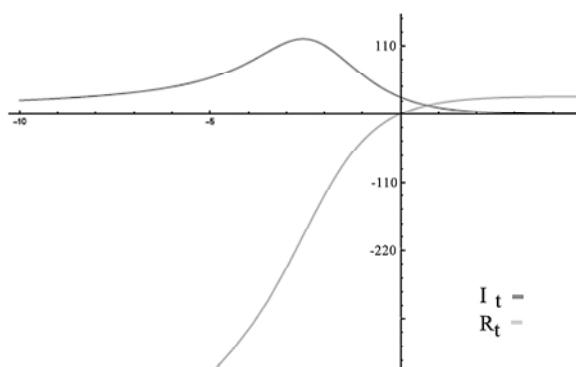


Figura 1. Observamos como después de un año la fracción de recuperados  $R_t$  es mayor a la de infectados  $I_t$ , la cual tiende a cero posterior a dos años.

Por ende,

$$\begin{aligned}\beta &= 0,5 \\ \alpha &= 1 \\ S_0 &= 0,75 \\ I_0 &= 0,25 \\ R_0 &= 0\end{aligned}$$

Como  $\beta < \alpha$  el contagio es más lento y la recuperación es más rápida. Asimismo, la fracción de infectados decrece en el tiempo:  $S_t < 1$  por ende  $\beta S_t < \beta < \alpha$ , con lo que

$$\beta S_t - \alpha < 0.$$

Factorizamos y obtenemos

$$\frac{dS_t}{dt} = \beta S_t I_t$$

$$\frac{dI_t}{dt} = (\beta S_t - \alpha) I_t$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \alpha I_t$$

Por ende, tenemos que  $\frac{dI_t}{dt} < 0$ , esto es, la tasa de cambio de infectados decrece con el tiempo.

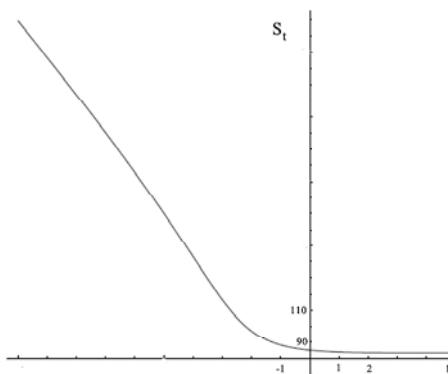


Figura 2. Observamos como la población susceptible en la simulación inicia siendo  $S_0 = 82.500$  y se mantiene alrededor de este número inicial a lo largo del tiempo.

#### 4.4 RESULTADOS DEL MODELO

Según el modelo propuesto, la infección por arrogancia epistémica a pesar de tener un índice de contagio relevante sobre todo en las sociedades del conocimiento en las que nos encontramos en la actualidad – donde el saber es un valor muy importante en el consenso intersubjetivo –, muestra un alto índice de recuperación. En particular, la recuperación a través de técnicas de regulación sentimental muestra interesantes resultados. En la simulación propuesta, los susceptibles no cambian a lo largo del tiempo, más bien se mantienen, por lo que los resultados del índice de recuperación señalan que todos los afectados pueden recuperarse y además quedar inmunes a lo largo de dos años de terapia. Por ello, la modelización de este problema nos responde las preguntas iniciales y da cuenta de la importancia de considerar los aspectos fenoménicos de la adquisición del conocimiento, al analizar alteraciones como la arrogancia epistémica. Y no solamente la consideración del elemento de la meta-ignorancia.

#### APUNTES FINALES

A lo largo de este artículo, he querido subrayar la importancia del análisis de la parte fenoménica de la cognición humana, enfatizando que no es recomendable quedarnos únicamente con una explicación de la meta-cognición a partir de estados mentales con contenido conceptual como las creencias y los deseos. A pesar de que el factor causal de la arrogancia epistémica ha sido estudiado desde la falta de calibración entre la meta-cognición analítica y la creencia verdadera (cf. Dunning, 2011, 2015). Al defender una idea distinta, que la arrogancia epistémica se debe a una falta de calibración de la meta-cognición fenoménica, se muestran otro tipo de fallas y otras formas de regulación y calibración. Los procesos de monitoreo y auto-evaluación involucrados en la arrogancia epistémica, también son acerca de varias estructuras de la experiencia fenoménica que tienen que ser analizadas tomando en cuenta perspectivas fenomenológicas.

Una de las razones para llevar a cabo esta simulación, fue mostrar la importancia de considerar terapias de regulación sentimental para la recuperación de afecciones que aunque no son letales, pueden ser peligrosas. La experiencia en primera persona, tanto para entender procesos causales, como para promover procesos de recuperación, es una importante herramienta que se debe tomar en cuenta en los análisis y tratamientos de procesos cognitivos de agentes corporeizados y situados. Si no damos su lugar a los aspectos fenoménicos del saber, puede pasar desapercibido que la terapéutica adecuada corre en esa dirección. La arrogancia epistémica puede ser peligrosa, los agentes pueden tomar decisiones equivocadas que les hagan daño a sí mismos o

a quienes los rodean. Cuando los agentes cometan errores en exámenes o no estudian ciertos conocimientos porque los consideran ya sabidos, como creer que conocen la técnica de lanzamiento en paracaídas cuando en realidad no la conocen. Asimismo, agentes que pueden llegar a considerarse expertos en expediciones y ser líderes de grupos enteros, cuando no tienen más que una carencia de incertezas fenoménica y podrían estar arriesgando a todo un grupo.

Es posible utilizar el modelo SIR para entender mejor afecciones tales como la arrogancia epistémica y la importancia de formas de recuperación a través de la calibración de sentimientos epistémicos.<sup>9</sup>

**AGRADECIMIENTOS.** Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo económico del Proyecto CONICYT FONDECYT No. 3150704 del Posdoctorado: “Los sentimientos epistémicos, su naturaleza y normatividad desde una aproximación corporizada y situada”. Participa de los proyectos CB 182084 de CONACYT y PAPIIT IN401315

*Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN*

Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad,  
Santiago, Chile.

Facultad de Medicina-UNAM, Ciudad de México.

*xgonzalez@ificc.cl*

## A sentimental model for epistemic arrogance

### ABSTRACT

Successful interaction with environment would seem to require human agents to possess insight about deficiencies and limitations in their intellectual and social skills. However, there is a significant fraction of agents that tend to be unaware of their incompetence. Here, I will call epistemic arrogance to the condition or disturbance where some people are unaware of their incompetence, and have been empirically quantified in Dunning-Kruger effect. I will analyze that the etiology of this alteration has been proposed to come from a lack of regulation between analytic metacognition and true knowledge, that I will call “epistemic uncertainty”. I will defend a different idea, that epistemic arrogance comes from a lack of calibration between a phenomeric metacognition between a metacognitive feeling and true knowledge, that I will call “phenomenal uncertainty”. This implies that the lack in arrogants it is not metaignorance, rather the regulation between a feeling of knowledge and the feeling of uncertainty. I will argue about it and I will propose a simulation of an affected population using a SIR model, where the Dunning-Kruger effect is interpreted in a different way and its show how the recovering of this alteration it is not only depend on learning true knowledge, rather on an adequate epistemic feelings regulation.

**KEYWORDS** ● Feeling of knowledge. Metacognition. Phenomenology. Dunning-Kruger effect. Epistemic arrogance. SIR model.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ALPINE CLUB. Statistical Tables. *Accidents in North American Mountaineering*, 10, 4, p. 89-94. 2009.
- ARANGO-MUÑOZ, S. Scaffolded memory and metacognitive feelings. *Review of Philosophy and Psychology*, 4, 1, p. 135-52, (2013).
- \_\_\_\_\_. The nature of epistemic feelings. *Philosophical Psychology*, 27, 2, p. 193-211, 2014.
- ARIELY, D. *Predictably irrational: the hidden forces that shape our decisions*. New York: Harper Collins, 2008.
- AYDUK, O.; MISCHEL, W. & DOWNEY, G. Attentional mechanisms linking rejection to hostile reactivity: the role of "hot" versus "cool" focus. *Psychological Science*, 13, 5, p. 443-8, 2002.
- BATALLOSO, J. (Ed.). *Desafíos éticos en un mundo complejo*. Santiago: Editorial Nueva Civilización, 2013.
- BAYNE, T. & MONTAGUE, M. (Ed.). *Cognitive phenomenology*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- BERAN, M. et al. (Ed.). *Foundations of metacognition*. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- BRENTANO, F. *Psychology from an empirical standpoint*. New York: Taylor/Francis, 2004 [1874].
- BRUN, G.; DOĞUOĞLU, U. & KUENZLE, D. (Ed.). *Epistemology and emotions*. London: Ashgate, 2008.
- CHEMERO, A. *Radical embodied cognitive sciences*. Massachusetts: The MIT Press, 2009.
- DAMASIO, A. R. *The feeling of what happens: body and emotion in the making of consciousness*. New York: Harcourt, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Looking for Spinoza: joy, sorrow, and the feeling brain*. New York: Harcourt, 2003.
- DEWEY, J. Kant and philosophic method. *The Journal of Speculative Philosophy*, 18, 2, p. 162-74, 1884.
- DOKIC, J. Seeds of self-knowledge: noetic feelings and metacognition. In: BERAN, M. et al. (Ed.). *Foundations of metacognition*. Oxford: Oxford University Press, 2012. p. 302-21.
- DRETSKE, F. Experience as representation. *Philosophical issues*, 13, 1, p. 67-82, 2003.
- DUNNING, D. The Dunning-Kruger effect: on being ignorant of one's own ignorance. *Advances in Experimental Social Psychology*, 44, p. 247-96, 2011.
- \_\_\_\_\_. The problem of recognizing one's own incompetence: implications for self-assessment and development in the workplace. In: HIGHHOUSE, S.; DALAL, R. & SALAS, E. (Ed.). *Judgment and decision making at work*. London: Routledge, 2014. p. 37-56.
- \_\_\_\_\_. On identifying human capital: flawed knowledge leads to faulty judgments of expertise by individuals and (groups. In: THYE, S. R. & LAWLER, E. (Ed.). *Advances in group processes*. Bingley: Emerald Group, 2015. p. 149-76.
- EHRLINGER, J. et al. Why the unskilled are unaware: further explorations of (absent) self-insight among the incompetent. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 105, 1, p. 98-121, 2008.
- FLAVELL, J. H. Metacognition and cognitive monitoring: a new era of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, p. 906-11, 1979.
- FROESE, T. Steps toward an enactive account of synesthesia. *Cognitive Neuroscience*, 5, 2, p. 126-7, 2014.
- GALLAGUER, S. & ZAHAVI, D. *The phenomenological mind*. 2 ed. New York: Routledge, 2013.
- GIBSON, J. J. *The ecological approach to visual perception*. New York: Houghton Mifflin, 1979.
- GOLDMAN, A. I. Consciousness, folk psychology, and cognitive science. *Consciousness and Cognition*, 2, 4, p. 364-82, 1993.
- GONZÁLEZ-GRANDÓN, X. A. El origen de una práctica motriz: el lenguaje de los primates humanos. *Cuicuilco*, 23, 65, p. 183-216, 2016a.
- \_\_\_\_\_. The gap or not the gap: is that the neurophenomenological question? *Constructivist Foundations*, 11, 2, p. 359-61, 2016b.
- GROSS, J. J. (Ed.). *Handbook of emotion regulation*. New York: Guilford, 2007.
- GROSS, J. J., & THOMPSON, R. A. Emotion regulation: conceptual foundations. In: Gross, J. J. (Ed.). *Handbook of emotion regulation*. New York: Guilford, 2007. p. 3-26.

- HACKER, D. J. et al. Explaining calibration accuracy in classroom contexts: the effects of incentives, reflection, and explanatory style. *Metacognition Learning*, 3, 8, p. 101-21, 2008.
- HACKER, D. J.; DUNLOSKY, J. & GRAESSER, A. C. (Ed.). *Handbook of metacognition in education*. London: Taylor and Francis, 2009.
- HERNÁNDEZ, E. O. et al. Enfoque de los sistemas complejos en la epidemiología. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 13, 4, on line, 2014. Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552009000400012&lng=es&nr\\_m=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552009000400012&lng=es&nr_m=iso)>. Acceso en: 13 dic. 2013.
- HIGHHOUSE, S.; DALAL, R. & SALAS, E. (Ed.). *Judgment and decision making at work*. London: Routledge, 2014.
- HOUSER, N. (Ed.). *The essential Peirce: selected philosophical writings*. Indiana: Indiana University Press, 1998. v. 2.
- KORIAT, A. The self-consistency model of subjective confidence. *Psychological Review*, 119, p. 80-113, 2012.
- \_\_\_\_\_. Processes in self-monitoring and self-regulation. *The Wiley Blackwell handbook of judgment and decision making*. London: Wiley, 2016. v. 2, p. 356.
- KRIEGL, U. *The varieties of consciousness*. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- \_\_\_\_\_. Cognitivism about emotion and the alleged hyperopacity of emotional content. *Philosophical Studies*, 173, 2, p. 315-20, ( 2016).
- KROSS, E. et al. When asking “why” does not hurt distinguishing rumination from reflective processing of negative emotions. *Psychological Science*, 16, 9, p. 709-15, 2005.
- KRUGER, J. & DUNNING, D. Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 6, p. 1121, 1999.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Unskilled and unaware – but why? A reply to Kruger and Mueller. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82, p. 189-92, 2002.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Psychology*, 1, p. 30-46, 2009.
- KERMACK, W. & MCKENDRICK, A. Contributions to the mathematical theory of epidemics I. *Bulletin of Mathematical Biology*, 53, 1-2, p. 33-55, 1991.
- MCGEER, V. & PETTIT, P. The self-regulating mind. *Language & Communication*, 22, 3, p. 281-99, 2002.
- MERLEAU-PONTY, M. *Phenomenology of perception*. London: Routledge & Kegan Paul, 1962.
- METZINGER, T. & WINDT, J. M. (Ed.). Frankfurt am Main: MIND Group, 2015.
- MOORES, T. T. & CHANG, J. C. J. Self-efficacy, overconfidence, and the negative effect on subsequent performance: a field study. *Information & Management*, 46, 2, p. 69-76, 2009.
- MOSES, L. J. & BAIRD, J. A. Metacognition. In: WILSON, R. (Ed.). *Encyclopedia of cognitive neuroscience*. Cambridge: The MIT Press, 1999. p. 533-5.
- MUSHAYABASA, S. (Ed.). *Understanding the dynamics of emerging and re-emerging infectious diseases using mathematical models*. Kerala: Transworld Research Network, 2012.
- NELSON, T. O. Consciousness and metacognition. *American Psychologist*, 51, 2, p. 102, 1996.
- PRINZ, J. *Gut reactions: a perceptual theory of emotion*. Oxford: Oxford University Press, ( 2004).
- PROUST, J. Epistemic agency and metacognition: an externalist view. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 108, p. 241-68, ( 2008).
- \_\_\_\_\_. The representational structure of feelings. In: METZINGER, T. & WINDT, J. M. (Ed.). Frankfurt am Main: MIND Group, 2015. p. 1-25.
- RAZETO-BARRY, P. Ética y biología. Epistemología negativa y el estatuto moral del embrión humano. In: BATALLOSO, J. (Ed.). *Desafíos éticos en un mundo complejo*. Santiago: Editorial Nueva Civilización, 2013. p. 33-64.

- SCHUMANN, S. A. et al. The illusion of competence: increasing self-efficacy in outdoor leaders. *Journal of Outdoor Recreation*, 6, 2, p. 97-113, 2014.
- SOTERIOU, M. Perceiving events. In: M. WILLASCHEK, (Ed.). *Disjunctivism: disjunctive accounts in epistemology and in the philosophy of perception*. New York: Routledge, 2013. p. 223-41.
- SOUZA, R. DA. Epistemic feelings. *Mind and Matter*, 7, 2, p. 139-61, 2009.
- STRAWSON, G. Cognitive phenomenology: real life. In: BAYNE, T. & MONTAGUE, M. (Ed.). *Cognitive phenomenology*, Oxford: Oxford University Press, 2011. p. 285-325.
- THIEDE, K. W. et al. Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95, 1, p. 66, 2003.
- THYE, S. R. & LAWLER, E. (Ed.). *Advances in group processes*. Bingley: Emerald Group, 2015.
- TOBIAS, S. et al. The importance of knowing what you know: a knowledge monitoring framework for studying metacognition in education. In: HACKER, D. J.; DUNLOSKY, J. & GRAESSER, A. C. (Ed.). *Handbook of metacognition in education*. London: Taylor and Francis, 2009. p. 107-27.
- TWEEDLE, V. & SMITH, R. J. A mathematical model of Bieber Fever: the most infectious disease of our time?. Understanding the dynamics. In: MUSHAYABASA, S. (Ed.). *Understanding the dynamics of emerging and re-emerging infectious diseases using mathematical models*. Kerala: Transworld Research Network, 2012. p. 157-77.
- TYE, M. *The imagery debate*. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- WARELA, F. et al. *The embodied mind. Cognitive science and human experience*. Cambridge: The MIT Press, 1991.
- WATKINS, E. D. Adaptive and maladaptive ruminative self-focus during emotional processing. *Behaviour Research and Therapy*, 42, 9, 1037-52, 2004.
- WILLASCHEK, M. (Ed.). *Disjunctivism: disjunctive accounts in epistemology and in the philosophy of perception*. New York: Routledge, 2013.
- WILSON, R. (Ed.). *Encyclopedia of cognitive neuroscience*. Cambridge: The MIT Press, 1999.





# Modelos científicos: el problema de la representación

*Olimpia LOMBARDI  
Hernán ACORINTI  
Juan Camilo MARTÍNEZ*



## RESUMEN

El presente artículo se enfoca en la relación entre conocimiento y representación. Se consideran los problemas relativos a los argumentos que pretenden justificar el carácter representativo de los modelos. Señalamos que los intentos por dar cuenta de la representación que no incluyan al agente como elemento constitutivo no cuentan con respaldo filosófico suficiente: la caracterización de la representación en términos no intencionales se enfrenta con problemas conceptuales difícilmente superables. Como estrategia propositiva, discutimos una serie de modelos incompatibles para poner definitivamente en duda el papel protagónico del representar en el conocimiento científico. Estos casos evidencian que se genera conocimiento científico cuando los modelos permiten predecir y manipular el comportamiento de algunas variables del sistema, aun cuando ello no implique la posibilidad de describir cómo es efectivamente el sistema en sus aspectos inobservables. Finalmente, al brindar un caso donde un mismo modelo integra teorías incompatibles, pudimos extender la tesis planteada al ámbito de las teorías. La hipótesis principal que intentaremos establecer es que, si bien la asociación entre conocimiento y representación no debe abandonarse definitivamente, sí debe flexibilizarse de modo tal que se admita la posibilidad de reconocer la legitimidad de un conocimiento de tipo no representativo.

**PALABRAS-CLAVE** • Representación. Química cuántica. Enlace covalente. Modelos incompatibles. Mecánica estadística.

## INTRODUCCIÓN

La potestad cognoscitiva que la actividad científica se arroga descansa, en gran medida, en la capacidad representativa de sus constructos teóricos. Con la finalidad de comprender y justificar tal capacidad se han intentado legitimar de diferentes modos las fuentes del representar. En vistas a ello, la epistemología clásica ha trazado un camino desde la canónica, y quizás anticuada, discusión entre los partidarios del isomorfismo y/o la similitud entre representante y representado, hasta llegar a una reivindicación de posturas pragmatistas. En el contexto de esta problemática, el presente trabajo in-

tentará recorrer tal devenir a la luz de una serie de modelos que actualmente se utilizan en ciencias, con el objetivo de analizar los límites de tales posiciones, y así poner en evidencia que el imaginario que asocia fuertemente conocimiento y representación no parece ser suficiente para abarcar la multiplicidad de formas en las que se construye y se produce el conocimiento científico. La hipótesis principal que intentaremos establecer es que, cuando hablamos de conocimiento en ciencia, la asociación entre conocimiento y representación, si bien no debe desarticularse definitivamente, sí debe flexibilizarse de modo tal que se admita la posibilidad de reconocer la legitimidad de un conocimiento de tipo no representativo.

Advirtiendo la preeminencia que ha ganado el tratamiento de los modelos por sobre las teorías en la filosofía de la ciencia de las últimas décadas, en el presente trabajo el problema del representar será abordado primordialmente a partir de los modelos científicos. No obstante, y en vistas a considerar posibles réplicas a la hipótesis planteada, hacia el final del presente trabajo afirmaremos que tampoco las teorías son susceptibles de ser evaluadas exclusivamente en términos representacionalistas. Muy por el contrario, al igual que los modelos, éstas también cumplen funciones instrumentales.

En vistas a ello, en primer lugar analizaremos críticamente las distintas versiones que se han esgrimido en torno a la propiedad característica que, presumiblemente, fundamenta la relación de representación entre los modelos y los sistemas representados. Enfatizaremos que el principal inconveniente de tales propuestas reside en su pretensión de establecer una relación no intencional o natural entre ambos dominios. En este contexto, esgrimiremos las virtudes del planteo pragmatista y perspectivista presentado por Ronald Giere como una franca superación respecto de aquellas posturas que no contemplan al agente como un elemento constitutivo y fundamental para garantizar la representación. Sin embargo, en segundo término, señalaremos los límites de tal propuesta, analizando una serie de modelos incompatibles que comprometen seriamente cualquier tipo de representacionalismo. Por último, trataremos de demostrar, siempre considerando la práctica efectiva de la ciencia, en qué sentido estaríamos habilitados a considerar que, además de los modelos, también las teorías científicas cumplen funciones instrumentales en el contexto de producción de conocimiento científico.

## 1 MODELOS: NATURALISMO VERSUS PRAGMATISMO

### 1.1 LA PRETENSIÓN NATURALISTA DEL REPRESENTAR

Los modelos, entendidos como construcciones artificiales producto de ciertas técnicas de abstracción y/o idealización, alteran y simplifican el fenómeno de estudio. De este modo, facilitan la manipulación de las variables relevantes que, al fundar la capacidad predictiva sobre el sistema, permiten explicar el por qué de su comportamiento (cf. Kennedy, 2006). La manipulabilidad que se logra mediante la modelización de los sistemas que se investigan suele relacionarse en ocasiones con la existencia de las entidades manipuladas. No obstante, para lograr establecer tal inferencia es necesario interpretar la capacidad predictiva de los modelos como signo de su capacidad representativa. En este sentido, el problema de la representación se vuelve crucial, ya que de él dependería la potencialidad epistémica de los modelos. En efecto, clásicamente se presupone que los modelos se instituyen como fuentes del conocimiento siempre y cuando logren representar al sistema. Esta perspectiva asume que los modelos nos dicen algo de la realidad si los aspectos presentados en ellos encuentran su contrapartida en el objeto de estudio (cf. Frigg & Hartmann, 2006). En otras palabras, se supone que los modelos y los sistemas *target* se encuentran vinculados a través de una determinada relación,<sup>1</sup> que en un principio se concibió como no intencional, en virtud de la cual se fundamenta la potencialidad cognoscitiva de los modelos.

Dicha relación permitiría considerar la capacidad predictiva y manipulativa de los modelos como indicios de su capacidad representativa. En este sentido, en vistas a fundamentar la representación, se instituyeron dos grandes corrientes dentro de la epistemología tradicional: una perspectiva de índole estructural, que interpreta la relación en términos de algún tipo de morfismo entre modelo y sistema, y otra perspectiva menos formal, que entiende la relación en términos de similitud. Bajo tales propuestas, por ejemplo, se analiza el conocido caso del túnel del viento, donde se intenta simular los efectos del aire en objetos como aviones, automóviles o misiles, colocando el modelo a escala en un conducto en el que se propulsa aire en forma constante. Este modelo sería representativo o bien por la existencia de algún tipo de relación lógico-matemática entre las estructuras del modelo y del sistema, o bien en términos de similitud en tanto el modelo a escala sería una réplica del original.

No obstante, es evidente que los modelos no son idénticos al sistema ya que, en tanto pretenden ser *re-presentaciones* y no meras presentaciones, se instituyen como un sustituto y, por lo tanto, como algo diferente de aquello a representar. En este sen-

<sup>1</sup> Entendemos por sistema *target* aquella parte o aspecto del mundo del cual se ocupa el modelo.

tido, respecto del modelo del túnel del viento, por ejemplo, una de las dificultades iniciales, aunque relativamente menor, es considerar las cuestiones relativas al tamaño y la proporción de los elementos empleados, como también el tipo de materiales utilizados, ya que estos factores pueden alterar el proceso experimental. Para este caso no es menor mantener una proporción adecuada entre el tamaño del modelo y la velocidad del viento. Este tipo de consideraciones refieren al hecho de que todo modelo se constituye, por un lado, como producto de un proceso de abstracción de aquellas variables no relevantes del sistema y, por el otro, como producto de un proceso de idealización de aquellos factores que, no encontrándose en el sistema, son fundamentales para la manipulabilidad y, con ello, para la eficacia del modelo.

Ahora bien, entre estos dos procesos que intervienen en la construcción de un modelo, el proceso de idealización es considerado, desde ciertas perspectivas, más difícil de justificar que el proceso de abstracción: en tanto que la idealización implica adscribir al modelo propiedades o relaciones no correspondidas en el sistema, se instituye como una deliberada distorsión de éste. En efecto, para quienes conciben la representatividad en términos de una relación lógico-matemática entre las estructuras del modelo y del sistema *target*, la idealización constituye una dificultad a resolver. Por el contrario, quienes defienden la capacidad representativa del modelo a partir de la similitud entre éste y el sistema, pueden afrontar con relativo éxito el fenómeno de la idealización, pues lo único que se requiere es que ambos dominios tengan propiedades similares (cf. Giere, 2011). Desde esta perspectiva, aun las representaciones que resultan inexactas como consecuencia de las idealizaciones serían representaciones, pues parece intuitivo suponer que, independientemente de aquellas propiedades no compartidas, el modelo del túnel del viento simula, y en este sentido imita, el comportamiento de un avión ante los efectos reales de determinado ambiente.

Siendo un criterio más flexible y menos estricto que el que exigen las propuestas estructuralistas, el recurso a la similitud presenta, aparentemente, ciertas ventajas en cuanto al intento de fundamentar la representatividad de los modelos. No obstante, producto de lo que denominaremos *la pretensión naturalista del representar*, esta propuesta no está exenta de serios inconvenientes que exigen una rigurosa reformulación de la cuestión. En efecto, mientras se pretenda fundamentar el representar a partir de una relación no intencional sustentada exclusivamente a partir de los elementos propios del modelo, la similitud no se instituiría como una condición ni suficiente ni necesaria. Por un lado, la similitud no sería una condición suficiente del representar pues cualesquiera dos objetos son similares entre sí en una infinidad de propiedades o relaciones no relevantes. Desde una concepción naturalista del representar, que presupone que el modelo es representativo del sistema *en virtud* de sus propios elementos, no se podría identificar el rasgo respecto del cual se dice que son similares. Pretender

resolver este inconveniente apelando a la propiedad relevante en función de la cual decimos que el modelo representa al sistema no parece fructífero, puesto que se caería en una circularidad inaceptable en cuanto se afirme que “*A* representa *B* si y sólo si es similar en aquellos casos en los que *A* representa *B*” (Suárez, 2003, p. 235). Por otro lado, de ser una condición necesaria, lo sería trivialmente, ya que todo objeto es similar en algún aspecto a cualquier otro objeto sin que exista o pueda existir entre ellos relación alguna de representación. Por lo tanto, en todo caso, la similitud sería tanto una condición de la representación como de la no-representación.

Pero la postura estructuralista, anclada en las propiedades formales de los dominios, ¿logra superar tales dificultades? Originalmente, se propuso como criterio representativo el isomorfismo, que implica una relación biyectiva entre las estructuras del modelo y del sistema. El propósito era intentar evitar todos los inconvenientes mencionados en lo que respecta a la trivialidad y la insuficiencia de la similitud. Puesto que el isomorfismo exige una relación biunívoca entre ambos dominios, todos y cada uno de los elementos de un dominio deben encontrar su contrapartida en el otro. De este modo, desaparece el problema suscitado por las propiedades no relevantes, pues, desde esta perspectiva, es condición que todos los elementos del sistema *target* tengan su contrapartida en el modelo y viceversa; a su vez, también desaparece el problema de la trivialidad puesto que, a diferencia del caso de la similitud, no es cierto que todo sea isomorfo a cualquier otra cosa.

No obstante, aunque por motivos diferentes, el isomorfismo, como criterio de representatividad, tiene tantos problemas como el criterio de la similitud (cf. Frigg, 2006). En primer lugar, la postura estructuralista no logra rescatar la necesaria direccionalidad implícita en el proceso representativo. Por un lado, la coincidencia estructural presupone una simetría entre los dominios no compatible con la noción de representación: lo deseable es que el modelo represente *al sistema* y no a la inversa. Asimismo lo deseable es que lo haga respecto de un sistema en particular: respecto de aquél que pretende representar. No obstante, si bien es cierto que no todo es isomorfo a todo, una estructura sí puede serlo respecto a muchas otras sin que ello pueda o tenga que interpretarse como signo de su representatividad para con ellas. Por ejemplo, el sistema del péndulo es isomorfo a ciertos sistemas eléctricos sin que ello signifique que uno represente al otro ni que el modelo del primero sea también, representativamente hablando, el modelo del segundo.

En segundo término, el isomorfismo tiene serias dificultades para dar cuenta de lo que, producto del proceso de idealización, denominamos “falsas” o “inadecuadas” representaciones (*misrepresentation*). La relevancia que tiene el dar cuenta de las idealizaciones se debe al hecho de que ninguna representación implica una relación *reflexiva*, pues no es cierto que algo se represente a sí mismo, sino que en todo caso se

presenta a sí (cf. Suárez, 2003). En este sentido, como dijimos precedentemente, lo que se espera es que bajo ningún concepto el representado y el representante sean idénticos. Por lo tanto, lo que en inglés se denomina *misrepresentation* es algo consustancial al proceso representativo, que el isomorfismo, al presuponer una relación biunívoca, no logra considerar: las representaciones inadecuadas (*misrepresentations*) son representaciones correctas, ya que logran dar cuenta del comportamiento del sistema, a pesar de la falta de correspondencia entre muchos de los aspectos del modelo y del sistema. Según los propios parámetros de la concepción basada en el isomorfismo, el modelo o bien es una descripción estructuralmente adecuada del fenómeno en cuestión, o bien no es una representación en absoluto (cf. Knuuttila, 2005; Knuuttila & Boon, 2011).

En este sentido, la explicación vía isomorfismo, en contraposición a lo que sucede en la práctica científica, no puede asimilar la “falsa representación” como representación. Las versiones debilitadas que, apelando a diferentes tipos de morfismos, como el homomorfismo o el isomorfismo parcial, pretenden dar cuenta de tales circunstancias, instituyen condiciones débiles y poco fructíferas para la representación. Como afirma Gabriele Contessa (cf. 2006, p. 375), cualesquiera dos estructuras parciales son trivialmente isomorfas siempre que los aspectos discordantes se mantengan indeterminados en los respectivos sistemas. En este sentido, el isomorfismo parcial es insuficiente, ya que con él cualquier modelo representa cualquier sistema. El problema estriba en que esta postura oscila entre la rigurosidad propia del formalismo que supone y la problemática flexibilidad y laxitud inherente a la similitud. En efecto, el enfoque basado en el isomorfismo, motivado por la idea de establecer la relación de representación sobre rigurosas relaciones formales, se encuentra, precisamente como consecuencia de tal rigurosidad, con sus propias limitaciones. Pero, en su intento por dar respuesta a tales limitaciones mediante la postulación de diversos morfismos, el enfoque estructural flexibiliza los criterios al punto tal de contraer los mismos problemas inherentes al enfoque de la similitud que en un principio pretendía evitar.

## 1.2 LA SALIDA PRAGMÁTICA

La imposibilidad de comprender la representación a partir de una propiedad natural de los modelos que pudiera dar cuenta de la complejidad y heterogeneidad existente condujo a repensar el concepto de modelo y la propia noción de representación desde una nueva perspectiva. En particular, condujo a fundar la peculiaridad de la representación en la intencionalidad del agente, al modo de “*C usa S para representar T con un propósito X*”. En efecto, Ronald Giere (2004; 2010) propone un enfoque pragmático y perspectivista del representar, que no depende en forma exclusiva de los elementos intrínsecos a los modelos, sino que está supeditada a la mirada desde la cual el inves-

tigador pretende demarcar el sistema en función a ciertos criterios metodológicos. Desnaturalizando la fuente de la representación, el pragmatismo instituye una relación triádica, al sumar al agente al binomio mundo - modelo: el agente, constituyéndose como elemento vinculante, garantiza la direccionalidad del modelo hacia el sistema *target* a través de su propia intencionalidad. De este modo, se anularía la crítica a la perspectiva no intencional sustentada sobre la base de que, en algún sentido, todo es similar a todo o, si se quiere, parcialmente isomorfo a todo (cf. Giere, 2011). El agente rompería esta especie de *realizabilidad múltiple* (cf. Frigg, 2006), especificando aquello que el modelo pretende representar. Se plantea, asimismo, un tipo de perspectivismo, donde los distintos modelos son analizados como múltiples visiones que describen diferentes aspectos del sistema. Diferentes perspectivas de análisis adjudicarán diferentes características: así, podríamos utilizar diferentes modelos para describir el mismo sistema. De este modo, el sistema tendría una propiedad u otra en función al aparato conceptual con el cual se lo analice.

Otra postura de raíces pragmatistas es la concepción inferencial de Mauricio Suárez (2003), según la cual *A* representa *B* si (1) la fuerza representacional de *A* nos orienta o apunta a *B* (o sea, si la fuente *A* es capaz de guiar a un usuario competente e informado para poner en consideración al sistema *target B*), y si (2) *A* permite hacer inferencias científicas sobre *B*. En el marco del problema de la representación, Suárez pretende obviar la discusión en torno a si el representar sienta sus bases en la similitud o en algún tipo de morfismo. En contraposición propone una concepción deflacionaria que no revalorice ninguna propiedad más allá de la capacidad inferencial de los modelos respecto de los sistemas.

Ahora bien, puede ser cierto que, en algún aspecto, estas propuestas sean menos ambiciosas que las primeras y, en este sentido, quizás, puedan dejar una suerte de insatisfacción filosófica; como afirma Roman Frigg:

cuando nos preguntamos cómo funciona la representación, lo que nos gustaría saber es qué hace exactamente el científico cuando usa *S* para representar *T*. Si decimos que intenta representar *T* por medio de *S*, meramente parafraseamos el problema y no lo respondemos, porque lo que queremos saber es qué involucra dicha intención (Frigg, 2002, p. 19).

En efecto, es difícil explicitar qué es lo que queda de representacionalismo en tales propuestas. El proyecto que pretendía explicar el valor heurístico de los modelos en términos representacionalistas se debilita de tal modo que podría decirse que cualquier cosa representa a cualquier cosa mientras ésta sea la intención del agente. Así las cosas, la defensa de tesis realistas que toda interpretación representacionalista

pareciera conllevar se diluye en la voluntad de agente que proyecta y explica, pero no representa.

No obstante, y aun contemplando que tales críticas pueden ser pertinentes, algo que aboga en favor de las propuestas pragmatistas es que, en la práctica científica, existen múltiples casos donde diferentes modelos, en función a consideraciones pragmático-metodológicas, brindan distintas perspectivas respecto del mismo fenómeno. La química pone de manifiesto reiteradamente esta situación: conceptos clasificatorios comúnmente usados en la práctica efectiva de laboratorio pueden ser descritos utilizando diferentes modelos. Por ejemplo, el par ácido/base suele describirse mediante, por lo menos, tres modelos que describen de manera diferente la causa estructural por la cual una sustancia es un ácido o una base. En el caso del modelo de Arrhenius, basado en el modelo de iones hidrógeno ( $H^+$ ) e iones hidróxilo ( $OH^-$ ), los ácidos y las bases se clasifican por su capacidad para generar iones  $H^+$  y  $OH^-$  en solución acuosa, respectivamente. A diferencia de ello, para el modelo de Brønsted-Lowry, basado en modelar las reacciones químicas como intercambios de cationes hidrógeno  $H^+$ , la acidez es la medida de la capacidad que tiene una sustancia para “donar”  $H^+$  y la basicidad es la medida de la capacidad para “aceptar”  $H^+$  en una reacción química de transferencia protónica. Con el advenimiento de las primeras teorías electrónicas del enlace químico, se impone el modelo de Lewis basado en intercambio de electrones: la acidez o basicidad de una sustancia se puede determinar por su habilidad para aceptar o donar electrones, respectivamente. Estos tres modelos se usan de manera simultánea gracias a que, en muchos casos, los tres clasifican a cada sustancia particular como ácido o base del mismo modo; el uso de uno u otro modelo depende, entre otras cosas, del tipo de sustancia que se esté analizando. No obstante, vale aclarar que el uso de los pares electrónicos para determinar la acidez/basicidad de una sustancia permitió expandir el rango de aplicación del concepto hacia más sustancias: el modelo de Lewis permite considerar reacciones ácido-base que no transcurren en medio acuoso o que se generan sin transferencia de  $H^+$ .

## 2 MODELOS INCOMPATIBLES EN CIENCIAS

Sin duda, el caso en que distintos modelos brindan diferentes perspectivas sobre un mismo fenómeno es muy común en ciencias. Ahora bien, también es cierto que si se considera con cierto detenimiento la práctica científica en su totalidad, también se encuentran circunstancias que no pueden circunscribirse bajo la idea perspectivista de la representación. En efecto, del análisis de tal práctica surgen problemas que exceden el ámbito propio de la idealización que, como dijimos, es inherente a todo pro-

ceso de modelización. Como afirma Margaret Morrison (cf. 2011, p. 344), mientras que diferentes estrategias aproximativas o *desidealizantes* contribuyen a acortar las distancias entre ciertos modelos y los sistemas representados, generando versiones *más realistas* respecto del fenómeno descrito, cuando nos encontramos ante modelos incompatibles resulta muy difícil esgrimir argumentos que nos permitan determinar cómo es que tales modelos nos dicen algo de la realidad. En otras palabras, el hecho de que dos modelos que se aplican a un mismo sistema sean incompatibles significa que adjudican al sistema propiedades que no puede poseer simultáneamente; por lo tanto, al menos uno de los modelos no representa al sistema en un sentido realista.

Lo apremiante de la situación generada a partir de la existencia de modelos incompatibles es que dicha situación no sólo no es ajena a la práctica científica, sino que, por el contrario a lo que puede suponerse, no es consecuencia de casos aislados propios de ciertas disciplinas o inclusive de ciertas teorías. Existen numerosos y diversos casos de modelos incompatibles; a continuación, expondremos brevemente algunos ejemplos. Estos ejemplos no serán desarrollados en detalle: se los presentará sólo en la medida suficiente como para poner de manifiesto la incompatibilidad que se pretende señalar.

## 2.1 ENLACE DE VALENCIA Y ORBITAL MOLECULAR

El concepto de enlace químico, que refiere al fenómeno que mantiene unidos y estabilizados los componentes de las moléculas, constituye un concepto fundamental en química estructural debido a que, al determinar la estructura de las moléculas a partir de los enlaces atómicos, se organiza el conocimiento acerca de las sustancias. Gilbert Lewis (1916) desarrolló la primera teoría del enlace químico en el marco de la regla del octeto, según la cual los átomos tienen una tendencia a completar sus últimos niveles de energía con ocho electrones. Desde esta perspectiva, el enlace químico se definía en términos de los pares de electrones compartidos por dos núcleos atómicos a fin de completar los ocho electrones en la capa de valencia.

Frente a ciertas dificultades de la teoría de Lewis, y con el advenimiento de la mecánica cuántica en la década de 1920, surge la química cuántica como un nuevo ámbito científico que intentará explicar los resultados de la química estructural en términos de la mecánica cuántica (cf. Woody, 2000). Es precisamente en este contexto que se inscriben el modelo del Enlace de Valencia (EV) y el modelo del Orbital Molecular (OM) como posibles enfoques para dar cuenta del enlace químico. Si bien tales enfoques suelen ser denominados “teorías”, es más correcto conceptualizarlos en términos de modelos debido a que ninguno de los dos supone un marco teórico propio y autónomo (cf. Lombardi & Martínez González, 2012). En efecto, aun considerando los

supuestos incompatibles que a continuación detallaremos, la dependencia de ambos enfoques respecto de la mecánica cuántica impide que sean considerados como constructos teóricos diferentes.

El enfoque EV fue formulado por Walter Heitler y Fritz London (1927) a fines de la década de 1920, y fue luego completado por Linus Pauling en la década de 1930 (Pauling, 1960 [1939]). En él se describe el compuesto molecular como un conjunto de átomos, donde los electrones son localizables en el sentido de que se encuentran asociados a un núcleo particular. Por lo tanto, el enfoque EV no se aparta radicalmente de la química estructural, en tanto que permite representar las posiciones de los electrones en las moléculas: EV pasó a considerarse como una herramienta que, siguiendo la manera estructural de pensar los problemas químicos, utilizaba el formalismo de la mecánica cuántica (para un análisis más detallado ver Park, 1999; Hendry, 2006). Contemporáneamente al surgimiento de EV, OM aparece como enfoque alternativo principalmente en los trabajos de Friedrich Hund (1929) y Robert Mulliken (1932). El enfoque OM presupone una especie de holismo molecular, implicando, con ello, una nueva entidad conceptual donde los electrones no están localizados en orbitales atómicos sino en orbitales moleculares deslocalizados alrededor de la molécula entera.

En resumen, los enfoques EV y OM pueden considerarse modelos incompatibles en cuanto a descripciones de la estructura interna de las moléculas. Para el enfoque EV, la molécula es una entidad compuesta, donde es posible continuar identificando los átomos componentes y, por tanto, los electrones pertenecen a cada átomo particular. Para el enfoque OM, la molécula es un todo inanalizable en componentes atómicos ya que los átomos pierden su identidad al integrarse en la molécula; en consecuencia los electrones ya no pueden pensarse como pertenecientes a un átomo particular.

Es interesante resaltar que, si bien EV y OM presentan descripciones moleculares diferentes e incluso incompatibles, coexisten al interior de la química cuántica. El enfoque EV predominó en los orígenes de la química cuántica ya que su familiaridad con la química estructural permitía una representación visual que garantizaba un marco de aplicabilidad; su aplicación continúa vigente en nuestros días en los ámbitos de la fotoquímica y química del estado sólido. Por su parte, el enfoque OM tiene preeminencia en el ámbito de la química cuántica computacional. Por lo tanto, actualmente no existe una instancia inapelable de decisión entre ambos enfoques.

## 2.2 ELECTRONEGATIVIDAD

La electronegatividad, entendida como la medida de la tendencia de un átomo para atraer electrones y así formar los diferentes enlaces químicos, se constituye como uno de los conceptos fundamentales para explicar las diferentes relaciones entre sustan-

cias químicas y sus posibles reacciones: diferentes valores de electronegatividad determinarán diferentes tipos de enlaces posibles. Una de las peculiaridades de la electronegatividad es que no puede medirse de modo directo (como sí puede hacerse, por ejemplo, con el potencial de ionización), sino que sólo puede determinarse empíricamente de un modo indirecto, a través de cálculos a partir de otras propiedades directamente medibles. Existen alrededor de siete modelos diferentes que fundamentan la escala de electronegatividad y que se utilizan comúnmente en la práctica química; aquí sólo consideraremos dos de ellos. De todos modos, es interesante señalar que, a pesar de las diferencias entre los modelos utilizados para caracterizar la electronegatividad, y del hecho de que las escalas resultantes son diferentes, no obstante todos los modelos ordenan los elementos del mismo modo en las escalas de electronegatividad.

Una de las primeras escalas de electronegatividad es la que formuló Pauling (1932), quien la definió como “un número que representa el poder de atracción [de los elementos] por los electrones en un enlace covalente, por medio del cual la cantidad de carácter iónico parcial de un enlace puede ser estimado” (Pauling, 1950, p. 236). La escala de Pauling toma como modelo de enlace químico al enlace covalente, en el cual no se produce transferencia de electrones. La escala se basa en el concepto de enlace covalente “normal”  $A:B$  que, de acuerdo con el llamado “postulado de aditividad”, se define como promedio de los enlaces homopolares  $A:A$  y  $B:B$ , esto es,  $A:B = (A:A + B:B)/2$ . Sobre esta base, la escala de electronegatividad se establece en función de la diferencia entre la energía efectiva del enlace covalente entre  $A$  y  $B$ , calculada termodinámicamente a partir de la energía empíricamente necesaria para romper dicho enlace, y la energía del enlace covalente normal  $A:B$ , calculada en forma teórica a partir del postulado de aditividad.

En 1934, Mulliken desarrolló otro método equivalente para calcular la electronegatividad, en este caso tomando como modelo de enlace químico no los enlaces covalentes, sino los enlaces iónicos, donde las uniones sí se producen a partir de la transferencia de electrones. El propio Mulliken afirmaba que “el fundamento físico de esto [electronegatividad] se ha mantenido oscura, aunque ha sido evidente que la electronegatividad de un átomo tiene que estar relacionado de alguna manera con su afinidad electrónica o con su potencial de ionización o a ambos” (Mulliken, 1934, p. 782). Mulliken define así la electronegatividad como el promedio del potencial de ionización ( $I$ ) y la afinidad electrónica ( $A$ ) de un elemento:  $(I+A)/2$ .

Con independencia de los detalles técnicos, lo expuesto es suficiente para poner de manifiesto que, si bien ambas caracterizaciones de la electronegatividad conducen al mismo ordenamiento de los elementos, se basan en modelos conceptualmente incompatibles. Mientras que Pauling considera la electronegatividad como una propiedad *relacional* de átomos en moléculas donde prevalece el enlace químico, Mulliken la con-

cibe como una propiedad *intrínseca* de los átomos considerados aisladamente. En otras palabras, mientras que en el modelo de Pauling la electronegatividad es una propiedad anclada en el propio enlace químico, en el modelo de Mulliken es una propiedad característica de los átomos que intervendrán en el enlace.

### 2.3 ESTRUCTURA DEL NÚCLEO ATÓMICO

Si bien existen diversos modelos diferentes que intentan dar cuenta de la estructura del núcleo de un átomo, aquí sólo analizaremos el modelo de la gota líquida y el modelo de capas. Presentaremos estos modelos a la luz de la hipótesis según la cual no pueden analizarse meramente como constituyendo diferentes perspectivas que resaltan distintas características del fenómeno. Como detallaremos, y siguiendo a Margaret Morrison (cf. 2011), estos modelos presuponen propiedades que no pueden ser adjudicadas simultáneamente al mismo sistema. En este sentido, difícil sería pensar que los modelos en cuestión se constituyeran como verdades parciales que se van complementando para obtener una mirada completa del fenómeno.

El modelo de la gota líquida fue el primer modelo nuclear propuesto para explicar las diferentes propiedades de los núcleos. Es el modelo más simple y describe el núcleo, en analogía con las moléculas de un fluido clásico, como una colección incompresible fuertemente unida de nucleones (protones y neutrones) donde las partículas, interactuando fuertemente entre sí con una fuerza coulombiana repulsiva proporcional al número de protones, apenas tienen espacio entre ellas. Si bien este modelo no logra dar cuenta de todas las propiedades del núcleo, sí logra explicar características importantes, como la energía de enlace, que se considera proporcional al número de protones, y la fisión nuclear, que se explica en términos de la repulsión coulombiana.

Si bien el modelo de la gota líquida fue inicialmente muy exitoso, ya que permitió entender diversos procesos nucleares, algunas mediciones de las energías de enlace de ciertos núcleos resultaron significativamente diferentes respecto de las predicciones realizadas a partir del modelo. Esto, conjuntamente con el descubrimiento de los que pasaron a denominarse *números mágicos* (el número de protones y neutrones que le dan al núcleo una particular estabilidad), permitió formular otro tipos de modelos donde, en lugar de pensar el comportamiento de los nucleones en función de los fuertes potenciales de interacción, se concebía el núcleo como compuesto de partículas independientes que, análogamente a los electrones, ocupan capas y subcapas afectadas levemente entre sí. El modelo de capas supone que los nucleones se mueven en un potencial promedio generado por todos los otros nucleones: a diferencia del modelo anterior, aquí se describen las propiedades nucleares a partir de la interacción de un nucleón con un potencial efectivo.

Nuevamente, aun sin detenerse en detalles técnicos, es posible reconocer la incompatibilidad entre ambos modelos. El modelo de capas se basa en la idea de que los constituyentes del núcleo se mueven de manera independiente. El modelo de la gota líquida implica justamente lo contrario, dado que en éste el movimiento de cualquiera de sus constituyentes está correlacionado con el movimiento de todos sus vecinos. Como afirma Morrison,

lo que esta breve discusión muestra es que el espín, tamaño, energía de enlace, la fisión y varias otras propiedades de un núcleo estable son todas reportadas a partir de uso de diferentes modelos que describen uno y el mismo fenómeno (el núcleo) en formas diferentes y contradictorias (Morrison, 2011, p. 349).

#### 2.4 MECÁNICA ESTADÍSTICA: BOLTZMANN VERSUS GIBBS

Quizás puede creerse que la incompatibilidad en los casos anteriores se debe a que tales modelos se inscriben en el campo teórico de la mecánica cuántica, cuyo estatus ontológico es, al menos, conflictivo. No obstante, la existencia de modelos incompatibles excede el ámbito de la cuántica, tal como pondrá de manifiesto el caso de la mecánica estadística.

La mecánica estadística se ocupa de describir el comportamiento de un sistema mecánico en términos estadísticos, sin precisar el comportamiento de cada uno de los componentes del sistema. Si bien se trata de una de las teorías tradicionales de la física, aún hoy sigue generando debates en torno a sus fundamentos. El origen de los desacuerdos reside en la coexistencia de dos enfoques teóricos, el de Boltzmann y el de Gibbs, que difieren en aspectos conceptuales centrales, en particular, en las condiciones y el modo de dar cuenta de la irreversibilidad.

El enfoque de Boltzmann distingue dos niveles descriptivos en el sistema. En el micronivel, los micro-estados mecánicos evolucionan según las leyes de la mecánica clásica de un modo reversible; en el macro-nivel, los macro-estados pueden evolucionar de un modo irreversible, tendiendo a un valor final de equilibrio del cual el sistema no puede escapar. La relación entre micro-estados y macro-estados es de muchos-a-uno: muchos micro-estados diferentes corresponden al mismo macro-estado. Sobre esta base, la probabilidad de un macro-estado es considerada proporcional al número de sus micro-estados compatibles. Por lo tanto, desde el enfoque de Boltzmann, el *macro-estado de equilibrio* se define como el *macro-estado más probable*, esto es, aquél al que corresponde el mayor número de micro-estados. De este modo se explica la evolución irreversible hacia el equilibrio: los sistemas de un enorme número de grados de

libertad tienden a evolucionar desde sus macro-estados menos probables hacia sus macro-estados más probables.

La estrategia de Gibbs se basa en describir el comportamiento del *ensemble representativo* del sistema macroscópico bajo estudio. Un *ensemble* es un conjunto de sistemas abstractos, conceptualmente construidos, que poseen la misma microestructura que el sistema de interés, están sometidos a los mismos vínculos externos, pero se encuentran distribuidos sobre los diferentes micro-estados posibles, es decir, son compatibles con el macro-estado del sistema. Si el número  $N$  de sistemas del *ensemble* es suficientemente alto, la situación del *ensemble* en cada instante puede especificarse mediante una función densidad, que brinda el número de sistemas del *ensemble* para cada micro-estado mecánico posible del sistema. La probabilidad de cada micro-estado se considera proporcional al número de sistemas del *ensemble* que le corresponden. Desde este enfoque, para un sistema cerrado, se define el equilibrio estadístico como la situación en la cual la función densidad, esto es, la probabilidad, se distribuye uniformemente sobre todos los micro-estados posibles. Puesto que, de acuerdo con las leyes mecánicas, la función densidad no puede alcanzar la situación de distribución uniforme y detenerse en ella, se define un *equilibrio de grano grueso*, en el cual la función densidad se distribuye *aparentemente* de un modo uniforme. Consecuentemente, la irreversibilidad también es un fenómeno de grano grueso, debido a la imposibilidad de discriminar con precisión infinita en qué micro-estado se encuentra el sistema macroscópico, y que sólo se produce en sistemas suficientemente inestables.

Si bien breve, esta presentación pone claramente de manifiesto que los dos enfoques modelan el sistema macroscópico de maneras diferentes e incompatibles (cf. Lombardi & Labarca, 2005a; Frigg, 2008). Mientras que desde la perspectiva gibbsiana la irreversibilidad podría manifestarse en sistemas simples, definidos por pocas micro-variables mecánicas, el enfoque de Boltzmann requiere que el sistema posea un elevado número de grados de libertad para manifestar un comportamiento irreversible. Mientras que en el enfoque boltzmanniano la inestabilidad no es condición necesaria para el comportamiento irreversible del sistema, la explicación gibbsiana de la irreversibilidad depende esencialmente del carácter altamente inestable del sistema. El concepto de equilibrio también es diferente en ambos enfoques: mientras que el equilibrio boltzmanniano se identifica con el macro-estado más probable, el equilibrio gibbsiano es el estado final de la evolución de grano grueso. Como resultado, el concepto mismo de irreversibilidad, entendido como evolución hacia el equilibrio, adquiere un contenido diferente en ambos enfoques.

Es interesante destacar que estas importantes divergencias conceptuales han conducido, hasta el presente, a fuertes discusiones entre los defensores de cada uno de ambos enfoques (cf. Lombardi & Labarca, 2005a). La situación es particularmente

paradójica en la medida en que los enfoques de Boltzmann y de Gibbs son los dos modos de modelizar sistemas mecánicos macroscópicos tradicionalmente adoptados en mecánica estadística por su fecundidad teórica y sus éxitos empíricos.

### 3 MODELOS INCOMPATIBLES: CRISIS EN LA REPRESENTACIÓN

Los ejemplos presentados en la sección anterior ponen de manifiesto que la existencia de modelos incompatibles, esto es, modelos exitosos referidos al mismo sistema *target* que le adscriben propiedades incompatibles, presenta una dificultad mucho más difícil de zanjar que la presentada por las representaciones inadecuadas (*misrepresentations*). Este caso no sólo anula la inferencia que concluye tesis realistas a partir del éxito predictivo, sino que fundamentalmente cuestiona el valor epistémico de los modelos en términos de representación. En otras palabras, tales situaciones ponen en crisis cualquier concepción que considere que la potestad cognoscitiva de los modelos descansa en la capacidad que tienen para representar el fenómeno. En efecto, ni la versión pragmatista de la representación propuesta por Giere, ni la versión deflacionaria propuesta por Suárez, serían adecuadas a la luz de la incompatibilidad entre modelos.

La limitación de la propuesta de Giere consiste en que no resulta coherente admitir la representatividad de modelos incompatibles con la expectativa de que ellos brinden perspectivas diferentes respecto al *mismo* fenómeno. Esto significa que es difícil pensar que los modelos en cuestión se constituyen como verdades parciales que se van complementando para obtener una mirada completa del sistema. La evidencia de incompatibilidad pone de manifiesto que no siempre los modelos proveen una descripción limitada del sistema *target*, sino que, en muchos casos, no proveen (si seguimos atados a la idea de que el conocimiento brindado por la ciencia debe ser representativo) una imagen consistente de él.

Por otro lado, la concepción inferencial de la representación propuesta por Suárez tampoco parece satisfactoria. Si, como muestran los ejemplos de la sección anterior, en un mismo sistema *S* es posible inferir propiedades incompatibles a partir de un modelo *A* y de otro modelo *B*, no parece aceptable interpretar tal inferencia en términos de representación: independientemente de cómo se arribe a la adjudicación de propiedades incompatibles, dicha adjudicación no resulta admisible por motivos lógicos. Para que la concepción deflacionaria fuera realmente tal, debería deflacionar el concepto mismo de representación. Ante la situación planteada por la existencia de modelos incompatibles, quizás lo más adecuado sería decir, parafraseando a Suárez (2004), “*A nos brinda algún tipo de conocimiento respecto a B si...*”; y para ello habría que

revalorizar la facultad del agente, pero sin atribuir pretensiones realistas ni representacionistas al modelo.

En definitiva, ante una situación de incompatibilidad entre modelos, nos es imposible especificar qué modelo describe correctamente al sistema o, mejor dicho, cómo es el sistema. Lo perturbador del caso es que es difícil comprender el alcance de la información que nos brinda este tipo de modelos. Parece que, ante la mirada representacionalista, el éxito en la aplicación de los diversos modelos no puede trasladarse en un incremento del conocimiento de su naturaleza. El problema radica, entonces, en cómo podemos traducir el éxito pragmático en un incremento de nuestro conocimiento si seguimos presos de la concepción representacionalista. Bajo tal perspectiva es imposible comprender el carácter epistémico de la información brindada por los modelos.

Frente a la situación planteada por el caso de modelos incompatibles, se abren dos alternativas. La que parece más inmediata consiste en abandonar la pretensión realista que todo representacionalismo parece conllevar, adoptando algún tipo de instrumentalismo respecto de los modelos. Sin embargo, si no se desea dejar de ser realista y representacionalista, se presenta una segunda alternativa: abandonar el monismo ontológico en favor de un pluralismo ontológico que disuelve la incompatibilidad (cf. Lombardi & Pérez Ransanz, 2012b): para hablar con precisión, según el pluralismo las propiedades incompatibles no serían propiedades del *mismo* sistema, sino de dos sistemas diferentes, ya que cada uno de ellos se configuraría en función al aparato semántico con el cual se lo describa.

Existe aún una tercera posibilidad, que permanece anclada en el realismo más tradicional. Se podría considerar que siempre es legítimo preguntarse, respecto de los modelos incompatibles, cuál de ellos representa más adecuadamente al sistema. El sentido de tal pregunta encubre la creencia, absolutamente irrefutable en tanto creencia, que no más de uno puede ser el correcto (también, bajo la misma creencia, podría suponerse que los dos son incorrectos). En otras palabras, frente a la incompatibilidad, el realista podría tomar la decisión de considerar a uno de ellos como el modelo objetivo. En este sentido, uno de los modelos sería un modelo “realista”, y el otro, en el mejor de los casos, sería un modelo meramente instrumental. De este modo se podría continuar defendiendo tanto el realismo como el representacionalismo.

El problema de esta decisión radica en que no habría motivos internos suficientes que legitimaran la postura que la fundamenta. Aquello que, en algún sentido, deslegitima la pregunta acerca de cuál es el modelo objetivo es que, como lo muestran los ejemplos considerados, no hay motivos científicos para preferir uno de los modelos incompatibles por sobre el otro. En todos los casos, los dos miembros del par satisfacen los criterios necesarios que toda concepción representacionalista y realista exigen para su aceptación: ambos modelos son empíricamente adecuados, ambos

establecen predicciones exitosas, y ambos permiten realizar inferencias sobre el sistema. En otras palabras, el supuesto del carácter objetivo de sólo uno de los modelos incompatibles no está legitimado por los criterios de corrección estándar que la ciencia utiliza en la práctica.

#### 4 UN CASO DONDE TAMBIÉN LAS TEORÍAS FUNCIONAN COMO INSTRUMENTOS

Un camino para salvar a la asociación entre conocimiento y representación, implícito en parte de la bibliografía filosófica sobre el tema, consiste en sostener que, en realidad, no son los modelos sino las teorías las que se constituyen como representativas: son las teorías las que, eventualmente a través de los modelos, se erigen como fuente del conocimiento y del representar. Bajo tal concepción, la actitud realista quedaría salvaguardada por el carácter representativo de las teorías que, mediante sus leyes, describirían la estructura de la naturaleza. Los modelos, en cambio, no serían más que meras herramientas que, de un modo más o menos imperfecto, nos permitirían aplicar las leyes a los casos específicos.

Frente a esta postura resulta conveniente considerar ciertos argumentos que abogan en favor de un punto de vista instrumentalista también respecto de las teorías. A continuación consideraremos un ejemplo que parece respaldar la concepción de las teorías como herramientas útiles para la construcción de modelos (cf. Suárez & Cartwright, 2008): el caso de los modelos atómicos y moleculares en química cuántica. El corazón del argumento descansa en que, en dichos modelos, convergen dos *teorías incompatibles* entre sí. Esto evidenciaría que, en este caso, lejos de estar dotadas de representatividad, las respectivas teorías se constituyen como instrumentos útiles que sirven para la formulación de modelos empíricamente exitosos.

Analicemos brevemente el modelo mencionado. En el contexto de la química cuántica, confluyen los dominios de la química y la física en vistas a describir la estructura molecular. La ley básica de la disciplina es la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo o ecuación de estado estacionario,  $H_{tot} \Psi_i = E_i \Psi_i$ , donde  $H_{tot}$  es el operador Hamiltoniano total, que permite calcular los valores posibles de la energía total del sistema representados por los  $E_i$ , y los  $\Psi_i$  corresponden a la función de onda, elemento central de la mecánica cuántica en tanto representa el estado cuántico del sistema. A fin de resolver la ecuación de Schrödinger es necesario formular un modelo del sistema que permita obtener el Hamiltoniano total  $H_{tot}$  que, reemplazado en la ecuación, permite obtener las posibles funciones de onda con sus correspondientes valores posibles de energía total.

El sistema más sencillo es el del átomo de hidrógeno, que se modela como un sistema compuesto de un núcleo de masa  $M$  y carga  $e$  y un electrón con carga  $-e$  y masa  $m_e$ , donde  $e$  es la carga del electrón; además, el núcleo y el electrón interactúan a través de un potencial de Coulomb. Con este modelo puede formularse el Hamiltoniano total, que contiene dos términos de energía cinética, uno para cada partícula, y un potencial asociado a la atracción coulombiana entre el núcleo y el electrón. Cuando este Hamiltoniano se introduce en la ecuación de Schrödinger, la ecuación puede fácilmente resolverse por vía analítica, obteniéndose las soluciones exactas de la ecuación.

En el caso de los sistemas polinucleares, como las moléculas, la modelización no es tan sencilla, pues para obtener la solución de la ecuación de Schrödinger es necesario introducir aproximaciones. En efecto, el Hamiltoniano total se complejiza pues debe incluir, además de la energía cinética para cada una de las partículas involucradas y las interacciones coulombianas entre los electrones y sus núcleos, las interacciones coulombianas de los electrones entre sí y de los núcleos entre sí. Ya el modelo de un sistema de dos electrones conduce a un Hamiltoniano que, introducido en la ecuación de Schrödinger, impide la resolución exacta de la ecuación. En otras palabras, salvo en el caso particular del átomo de hidrógeno (o átomos hidrogenoides), la ecuación de Schrödinger carece de solución analítica; por lo tanto, su tratamiento exige ineludiblemente la introducción de aproximaciones.

La aproximación que se encuentra en el corazón mismo de la química cuántica es la llamada aproximación de Born-Oppenheimer (en adelante, ABO) (cf. Born & Oppenheimer, 1927). La ABO permite calcular los niveles de energía de moléculas complejas mediante el recurso de separar la función de onda de la molécula en su componente nuclear y su componente electrónica. Para ello es necesario presuponer la llamada aproximación de núcleo fijo (*clamped-nucleus approximation*), según la cual, tal como se supone en la química estructural (no-cuántica), se establecen posiciones fijas de los núcleos en el espacio. Como afirma Hasok Chang “asumiendo que el núcleo se encuentra fijo en el espacio en sus lugares ‘clásicos’, los químicos son capaces de usar la mecánica cuántica para calcular otros aspectos de moléculas tales como longitudes y energías de enlace precisas” (Chang, 2015, p. 198; para una discusión general acerca de la relación entre química molecular y mecánica cuántica, ver Lombardi & Labarca, 2005b).

La pregunta relevante aquí es cómo se justifica la aproximación de núcleo fijo. Una respuesta frecuente es la que alude a la gran diferencia entre la masa  $M_\alpha$  de los núcleos y la masa  $m_e$  de los electrones: puesto que  $M_\alpha$  es mucho mayor que  $m_e$ , puede aplicarse el límite  $m_e/M_\alpha \rightarrow 0$ . En otras palabras, puede suponerse que la masa de los núcleos tiende a infinito y, como la energía cinética de un cuerpo de masa infinita es cero, los núcleos tendrían energía cinética nula y, en consecuencia, se encontrarían en

reposo en posiciones definidas. Desde esta perspectiva, la ABO sería tan inocua como las aproximaciones por límite que se utilizan en mecánica clásica. Ciertamente, esta respuesta sería aplicable en el mundo clásico. Pero en este caso es inadecuada: aquí no nos encontramos en un dominio clásico sino cuántico donde, como es bien sabido, las intuiciones clásicas generalmente no funcionan. El principal motivo para ello es que en el ámbito cuántico no es posible adjudicar simultáneamente valores definidos a todas las propiedades del sistema. En particular, no es posible suponer que la energía cinética de una partícula es cero y que, al mismo tiempo, su posición está determinada (cf. Lombardi & Castagnino, 2010).

El origen de los problemas reside en la ruptura conceptual entre la química estructural, basada en el supuesto de partículas clásicas que poseen configuraciones espaciales definidas, y la mecánica cuántica, que desafía el concepto clásico de individuo. En particular, el supuesto de núcleos atómicos en reposo y fijos en el espacio se encuentra reñido con un principio fundamental de la mecánica cuántica: según el principio de indeterminación de Heisenberg, no es posible adjudicar simultáneamente a una partícula cuántica una posición definida y un momento (masa por velocidad) definido (para la relación entre el principio de indeterminación y la contextualidad cuántica, ver Hughes 1989). Incluso Hinne Hettema (cf. 2012), quien adopta una estrategia reduccionista que intenta subestimar la ruptura conceptual entre la química estructural y mecánica cuántica, reconoce que la ABO se ubica en el núcleo duro de la química cuántica y ello “nos permite poner entre paréntesis temporalmente algunos de las inquietudes de principio que surgen de la aplicación de la teoría cuántica a la química” (2012, p. 190). Asimismo, afirma que a la hora de aplicar la mecánica cuántica a la química se “introducen una serie de supuestos que son inadmisibles desde un punto de vista basado en principios” (2012, p. 314), evidenciando que en el contexto de la disciplina se “pueden sacar los conceptos de contexto y reutilizarlos de un modo no admisible para la teoría en la cual tales conceptos fueron originalmente introducidos” (2012, p. 337; cf. Lombardi, 2014).

Por lo tanto, la ABO no introduce una aproximación que puede, en principio, eliminarse en un proceso de des-idealización, sino que se basa en supuestos que resultan contradictorios con uno de los principios de la propia teoría sobre la que se aplica, o, al menos, resultan completamente ajenos a dicha teoría. Para utilizar una analogía en el ámbito no cuántico: no se trata de calcular el movimiento de un cuerpo sobre una superficie suponiéndola sin fricción porque el rozamiento es muy bajo, sino de suponer en el ámbito relativista que un cuerpo se mueve a una velocidad superior a la velocidad de la luz. En el primer caso, el supuesto puede eliminarse reintroduciendo la fricción y obteniendo una descripción más precisa del movimiento del cuerpo. El segundo caso, en cambio, viola uno de los principios básicos de la teoría especial de la

relatividad, por el cual ningún cuerpo puede moverse a una velocidad superior a la de la luz.

Es importante insistir en el hecho que los modelos moleculares utilizados en química cuántica no se construyen sobre la base de aproximaciones que pueden ir eliminándose paulatinamente con el avance de la ciencia, hasta alcanzar una descripción más precisa. En este caso, la utilización de teorías incompatibles no es un recurso contingente a ser superado, sino que se encuentra en el núcleo mismo de la química cuántica como disciplina científica. Como afirma Chang,

podría decirse que la mecánica cuántica de Schrödinger, ya desde su primer uso para un sistema de la vida real, nació con el supuesto del núcleo fijo. Debe enfatizarse nuevamente que esto no es algo que surge por la necesidad de aproximación, sino algo entrelazado en la propia trama de la teoría cuántica elemental. El marco teórico de la mecánica ondulatoria de Schrödinger no brinda margen alguno para teorizar acerca del estado del núcleo (Chang, 2015, p. 199).

En otras palabras, adscribir carácter provvisorio y superable al modo en que se recurre a teorías incompatibles en química cuántica no es más que adscribir provisoriedad a la mecánica cuántica misma, una tesis que puede resultar razonable en el marco de la filosofía de la ciencia, pero que es lógicamente previa a la discusión acerca de la representatividad de los modelos científicos y que no se relaciona con ella (cf. Accorinti & Martínez González, 2016).

Las consecuencias epistemológicas que del caso pueden extraerse son sumamente relevantes, ya que instituyen un nuevo argumento en favor de la tesis de que las teorías son, como tantos otros elementos, herramientas útiles que nos permiten construir modelos. En los modelos moleculares intervienen tanto el dominio clásico (a través de la química estructural que aporta la geometría de la molécula a partir de las posiciones fijas de los núcleos en el espacio) como el cuántico (a través de la ecuación de Schrödinger para la determinación de los niveles de energía), y sendos dominios son conceptualmente y ontológicamente incompatibles. Este hecho es muy difícil de articular, no sólo con una lectura representacionalista de los modelos, sino también con la interpretación realista de las teorías científicas, según la cual éstas se confirman a partir del éxito empírico de los respectivos modelos. En efecto, siendo que cualquier modelo molecular involucra teorías incompatibles, cabe preguntarse respecto a cuál de ellas el modelo en cuestión se constituye como hacedor de verdad. Por lo tanto, la existencia de modelos que integran constructivamente y de un modo empíricamente exitoso teorías incompatibles, exponiendo a las teorías como instrumentos útiles, cuestiona el fuerte lazo existente entre teoría, modelo, representación y conocimiento.

## CONCLUSIONES

El objetivo central del presente artículo ha sido brindar una serie de argumentos teórico-filosóficos, anclados principalmente en la práctica científica, dirigidos a poner en evidencia que no siempre el conocimiento está supeditado a la representación. Para ello, en primer lugar, mencionamos los problemas relativos a los diversos argumentos esgrimidos para justificar el carácter representativo de los modelos científicos. Señalamos, en este sentido, que los intentos por dar cuenta de la representación que no incluyan al agente como elemento constitutivo no cuentan con respaldo filosófico suficiente: la caracterización de la representación en términos no intencionales, a partir de una relación naturalista entre modelo y sistema, se enfrenta con problemas conceptuales difícilmente superables. Luego, como estrategia superadora, apelamos a una serie de ejemplos de modelos incompatibles con el objetivo de poner definitivamente en tela de juicio el papel protagónico del representar en el conocimiento científico. A través de estos ejemplos se genera conocimiento científico porque los modelos permiten manipular y predecir el comportamiento de algunas variables en el sistema que se está analizando, aun cuando ello no implique la posibilidad de describir cómo es efectivamente el sistema en sus aspectos inobservables. Por último, al brindar un caso donde un mismo modelo integra teorías incompatibles, pudimos extender la tesis planteada también al ámbito de las teorías.

Es importante aclarar que el propósito del artículo no es canonizar un instrumentalismo absoluto en todos los ámbitos e instancias de la ciencia. Lo que se pretende es desarticular un imaginario fuertemente enraizado que considera que el conocimiento desarrollado por la ciencia depende de la capacidad representativa que tienen los elementos cognoscitivos por ella generados. En este sentido, no se niega aquí que algunos modelos, e inclusive algunas teorías, produzcan conocimiento científico *porque representen*. Lo que se intenta afirmar es que no es ése el único camino para alcanzar conocimiento: en muchas áreas y disciplinas también se genera conocimiento en términos instrumentales y predictivos, y ello exige admitir la legitimidad de un conocimiento de tipo no representativo.❷

**AGRADECIMIENTOS.** Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo económico del subsidio 57919 de la John Templeton Foundation, y del subsidio PICT-2014-2812 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT-FONCyT).

*Olimpia Lombardi, Hernán Acorinti & Juan Camilo Martínez*

*Olimpia LOMBARDI*

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas,

Universidad de Buenos Aires, Argentina.

*olimpiafilo@arnet.com.ar*

*Hernán ACORINTI*

Universidad de Buenos Aires, Argentina.

*hernanacorinti@gmail.com*

*Juan Camilo MARTÍNEZ*

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas,

Universidad de Buenos Aires, Argentina.

*olimac62@hotmail.com*

## Scientific models: the problem of representation

### ABSTRACT

This article focuses on the relationship between knowledge and representation. We consider the difficulties of the approaches that try to justify the representative character of models. We point out that the attempts to account for representation from a perspective that does not include the agent as a constitutive element lack enough philosophical support: the characterization of representation in unintentional terms face conceptual difficulties that are hard to overcome. As a positive proposal, we discuss a number of incompatible models to call into question the leading role of representation in scientific knowledge. Those cases show that scientific knowledge is generated because those models allow us to predict and manipulate the behavior of some variables of the system, even if this does not imply the possibility of describing how effectively the system is in its unobservable aspects. Finally, by providing a case where the same model integrates incompatible theories, we can extend our thesis to the domain of theories. The main hypothesis we try to establish is that, although the association between knowledge and representation must not be definitively given up, it should be relaxed so that the possibility of recognizing the legitimacy of non-representative knowledge be admitted.

KEYWORDS • Representation. Quantum chemistry. Covalent bond. Incompatible models. Statistical mechanics.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCORINTI, H. & MARTÍNEZ GONZÁLEZ, J. C. Acerca de la independencia de los modelos respecto de las teorías: un caso de la química cuántica. *Theoria. Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia*, 31, p. 225-45, 2016.
- ARABATZIS, T.; RENN, J. & SIMOES, A. (Ed.). *Relocating the history of science: essays in honor of Kostas Gavroglu*. New York: Springer, 2015.
- BORN, M. & OPPENHEIMER, J. R. Zur Quantentheorie der Moleküle. *Annalen der Physik*, 84, p. 457-84, 1927.
- CHANG, H. Reductionism and the relation between chemistry and physics. In: ARABATZIS, T.; RENN, J. & SIMOES, A. (Ed.). *Relocating the history of science: essays in honor of Kostas Gavroglu*. New York: Springer, 2015. p. 193-209.
- CONTESSA, G. Scientific models, partial structures and the new received view of theories. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37, p. 370-7, 2006.
- FRIGG, R. Models and representation: why structures are not enough. *Measurement in Physics and Economics Project Discussion Paper Series*. DP MEAS 25/02, 2002. London School of Economics.
- \_\_\_\_\_. Scientific representation and the semantic view of theories. *Theoria. Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia*, 55, p. 46-65, 2006.
- \_\_\_\_\_. A field guide to recent work on the foundations of statistical mechanics. In: RICKLES, D. (Ed.). *The Ashgate companion to contemporary philosophy of physics*. London: Ashgate, 2008. p. 99-196.
- FRIGG, R. & HARTMANN, S. Models in science. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford: Stanford University, 2006.
- GIERE, R. How models are used to represent physical reality. *Philosophy of Science*, 71, p. 742-52, 2004.
- \_\_\_\_\_. An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172, p. 269-81, 2010.
- \_\_\_\_\_. Representing with physical models. In: HUMPHREYS, P. & IMBERT, C. (Ed.). *Models, simulations and representations*. New York: Routledge, 2011. p. 209-15.
- HEITLER, W. & LONDON, F. Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik. *Zeitschrift für Physik*, 44, p. 455-72, 1927.
- HENDRY, R. Two conceptions of the chemical bond. *Philosophy of Science*, 75, p. 909-20, 2006.
- HETTEMA, H. *Reducing chemistry to physics. Limits, models, consequences*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, 2012.
- HUGHES, R. I. *The structure and interpretation of quantum mechanics*. Cambridge: Harvard University Press, 1989.
- HUMPHREYS, P. & IMBERT, C. (Ed.). *Models, simulations and representations*. New York: Routledge, 2011.
- HUND, F. Chemical binding. *Transactions of the Faraday Society*, 25, p. 646-8, 1929.
- KENNEDY, A. G. Models and scientific explanation, *Philosophy of Science Association*. 22nd Biennial Meeting, Montreal, 2006. Disponible en: <<http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/8374>>.
- KNUUTTILA, T. Models, representation and mediation. *Philosophy of Science*, 72, p. 1260-71, 2005.
- KNUUTTILA, T. & BOON, M. How do models give us knowledge? The case of Carnot's ideal heat engine. *European Journal for Philosophy of Science*, 1, p. 309-34, 2011.
- LEWIS, G. N. The atom and the molecule. *Journal of the American Chemical Society*, 38, p. 762-85, 1916.
- LOMBARDI, O. Linking chemistry with physics: arguments and counterarguments. *Foundations of Chemistry*, 16, p. 181-92, 2014.
- LOMBARDI, O. & LABARCA, M. Los enfoques de Boltzmann y de Gibbs frente al problema de la irreversibilidad. *Critica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 37, p. 39-81, 2005a.
- \_\_\_\_\_. The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry*, 7, p. 125-48, 2005b.

- LOMBARDI, O. & CASTAGNINO, M. Matters are not so clear on the physical side. *Foundations of Chemistry*, 12, p. 159-66, 2010.
- LOMBARDI, O. & MARTÍNEZ GONZÁLEZ, J. C. Entre mecánica cuántica y estructuras químicas: ¿a qué refiere la química cuántica? *Scientiae Studia*, 10, p. 649-70, 2012.
- LOMBARDI, O. & PÉREZ RANSANZ, A. R. *Los múltiples mundos de la ciencia. Un realismo pluralista y su aplicación a la filosofía de la física*. México: UNAM/Siglo XXI, 2012.
- MORRISON, M. One phenomenon, many models: Inconsistency and complementarity. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, p. 342-51, 2011.
- MULLIKEN, R. Electronic structures of polyatomic molecules and valence. *Physical Review*, 40, p. 55-62, 1932.
- \_\_\_\_\_. A new electronaffinity scale; together with data on valence states and on valence ionization potentials and electron affinities. *Journal of Chemical Physics*, 2, p. 782-93, 1934.
- PARK, B. S. Chemical translators: Pauling, Wheland and their strategies for teaching the theory of resonance. *The British Journal for the History of Science*, 32, p. 21-46, 1999.
- PAULING, L. *The nature of the chemical bond IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms*. *Journal of the American Chemical Society*, 54, p. 3570-82, 1932.
- \_\_\_\_\_. *College chemistry: an introductory textbook of general chemistry*. 2 ed. San Francisco: Freeman, 1950.
- \_\_\_\_\_. *The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals*. Ithaca: Cornell University Press, 1960 [1939].
- RICKLES, D. (Ed.). *The Ashgate companion to contemporary philosophy of physics*. London: Ashgate, 2008.
- SUÁREZ, M. Scientific representation: against similarity and isomorphism. *International Studies in the Philosophy of Science*, 17, p. 225-44, 2003.
- \_\_\_\_\_. An inferential conception of scientific representation. *Philosophy of Science*, 71, p. 767-79, 2004.
- SUÁREZ, M. & CARTWRIGHT, N. Theories: tools versus models. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 39, p. 62-81, 2008.
- WOODY, A. I. Putting quantum mechanics to work in chemistry: the power of diagrammatic representation. *Philosophy of Science*, 67, p. S612-27, 2000.
- ZALTA, E. N. (Ed.). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford: Stanford University. 2006.





# Flujos informativos, mecanismos y modelos en la síntesis de proteínas

*Mario CASANUEVA & Rubén MADRIGAL*



## RESUMEN

El artículo inicia subrayando la creciente importancia de los diagramas en filosofía de la ciencia, en particular se destaca su capacidad para la evocación heurística, su utilidad para la representación y el cálculo, y su poder de síntesis. A continuación, se presenta la importancia y buena recepción que diagramas de diferentes mecanismos causales en ciencia, han tenido dentro del nuevo mecanicismo lo que contrasta con el rechazo de esta escuela a los enfoques centrados en leyes y modelos. Finalmente se presenta una interpretación de las leyes y de las explicaciones mecanísticas que torna compatibles las ideas de mecanismo y de ley. Se utiliza el mecanismo de la síntesis de proteínas como caso ilustrativo.

**PALABRAS-CLAVE** • Diagramas. Modelos. Nuevo mecanicismo. Síntesis de proteínas. Concepción grafo-modelo. Explicación. Flujos de información.

## 1 LA CRECIENTE IMPORTANCIA DE LOS DIAGRAMAS

En filosofía de la ciencia, la tradición que cultiva el desarrollo, análisis, y uso de los diagramas y de diferentes formas de cálculo y representación basadas en ellos, se remite, cuando menos, a Euclides (sus cada vez más vastas filas incluyen grandes hitos: Lull, Leibniz, Euler, Venn, Carroll, Peirce, Frege o Neurath, son unos cuantos). Sin embargo, esta tradición fue, por mucho tiempo, relegada a un segundo plano. No obstante, en las últimas décadas, ha conocido un crecimiento acelerado que, junto a otros factores, contribuyó a la merma del cultivo de los análisis enfocados en los aspectos proposicionales o nomológicos de las teorías, atrayendo la atención sobre sí misma (cf. Larkin & Simon, 1987; Tiles, 1988; Thagard, 1992, 2010; Nelsen, 1993; Shin, 1994; Barwise & Etchemendy 1995; Allwein & Barwise, 1996; Barwise & Shimojima, 1996; Barwise & Seligman; 1997; Anderson, Meyer & Olivier, 2002; Stjernfelt, 2007; Nyíri, 2009; Goodwin, 2009; Kulpa, 2009; Hoffmann, 2011; Chein, Mugnier & Croitoru, 2013; Giardino, 2013; Perini, 2013; Purchase, 2014; Rodgers, 2014; Tversky, 2015).

Las imágenes y los diagramas han capturado nuestra atención gracias a las ventajas de representación e inferencia que su uso brinda al pensamiento y a la creación,

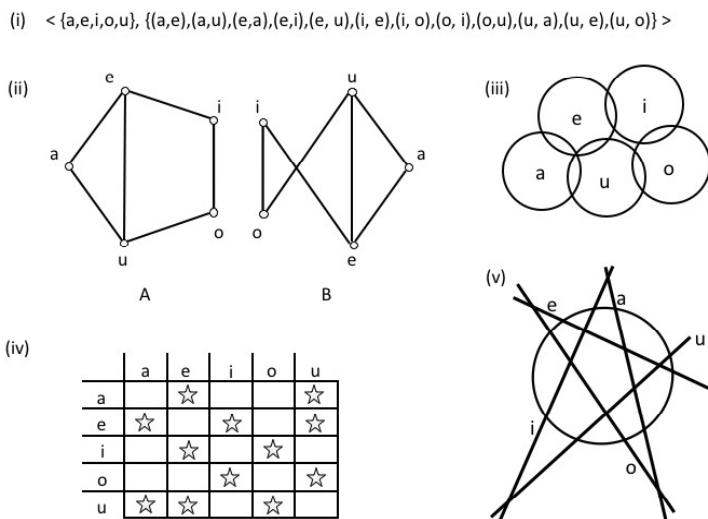
manejo y entendimiento de sistemas conceptuales, en particular, en los procesos de generación, desarrollo, adaptación o transferencia de conocimiento (cf. Sowa, 2000, 2002, 2011; Gärdenfors, 2000; Magnani; Nersessian & Thagard, 2012; Abrahamsen & Bechtel, 2015). Imágenes y diagramas actúan como instrumentos de representación-construcción y cálculo que asisten en la obtención de inferencias y solución de problemas teóricos y prácticos (tecnológicos). En particular, los diagramas científicos, en la medida en que proporcionan o encarnan reglas de representación, lectura y transformación de imágenes, se pueden usar como herramientas del pensamiento, de manera similar a lo que Leibniz deseaba para su *characteristica universalis*. Los diagramas de mecanismos tienen la propiedad de ser estructuras, de estar conformados por diferentes partes. Al igual que un texto, contienen caracteres o iconos articulados entre sí y poseen una cierta lógica de modificación, interacción o, al menos lectura, de forma tal que nuestra interacción con ellos, produce descripciones, “narrativas”, cálculos y explicaciones correcta y coherentemente construidas.

Dado que el pensamiento en imágenes es anterior a los lenguajes, su estructura puede ser más afín a la estructura natural del pensamiento humano, que la de éstos. En otras palabras, la construcción, manipulación e interpretación de signos y diagramas, puede acercarse al pensamiento natural más que las operaciones con estructuras lingüísticas. Según una conocida y a nuestro juicio, preclara opinión de Einstein:

Las palabras o el lenguaje, ya sean escritos o hablados, no parecen desempeñar ningún papel en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades físicas que parecen servir como elementos en el pensamiento son ciertos signos e imágenes más o menos claras que pueden ser “voluntariamente” reproducidas y combinadas. Hay, por supuesto, una cierta conexión entre esos elementos y conceptos lógicos relevantes. También es claro que el deseo de llegar finalmente a conceptos lógicamente conectados es la base emocional de este juego bastante impreciso con los elementos antes mencionados. Pero desde un punto de vista psicológico, este juego combinatorio parece ser la característica esencial del pensamiento productivo – antes de que haya alguna relación con la construcción lógica en palabras u otro tipo de signos que puedan ser comunicados a otros (Einstein, 1945, p. 142-3).

En virtud de: su gran capacidad para la evocación y la heurística, su utilidad para la representación y el cálculo, su potencia sinóptica y su naturaleza de experiencia multimodal corporizada, los diagramas científicos constituyen apoyos, soportes, o andamiajes (*affordances*) útiles y estratégicos para la obtención de inferencias, respuestas y explicaciones pues, entre otros, facilitan la integración de distintos niveles de profundidad de análisis y de perspectivas diversas.

Aunque parte del contenido informativo de imágenes y diagramas pueda ser enunciado proposicionalmente, es claro que no tienen un correlato único con enunciados proposicionales. La relación entre imágenes y enunciados es ambigua, en ambos sentidos. Así como de un hecho nunca se sigue un enunciado, sino, si acaso, un número infinito de ellos (en diferentes idiomas y apelando a diferentes convenciones lingüísticas), el estado de cosas que describe un enunciado puede ser representado mediante un número potencialmente infinito de imágenes. Por otro lado, en tanto objeto del mundo, una imagen puede ser descrita de infinitas maneras. Esta ambigüedad brinda un enorme potencial heurístico a las imágenes (ver figura 1). La potencia heurística de las imágenes se ilustra en la figura 1.



**Figura 1. Ilustración de la potencia heurística de las imágenes.** Se muestran diferentes representaciones gráficas y una lingüística de una misma relación en el dominio de las vocales latinas. Cada una de ellas hace uso de diferentes convenciones. En (i) la relación se representa de manera lingüística, en forma de un par ordenado. El primer elemento, es el dominio de la relación, el segundo, el conjunto de pares ordenados que la conforman; en (ii) en A y B, los elementos del dominio se representan mediante puntos sobre el plano y se traza una línea entre aquellos que están unidos bidireccionalmente; (iii) representa los elementos del dominio mediante círculos, su solapamiento indica que los elementos en cuestión están relacionados; (iv) representa la relación mediante una matriz, las marcas indican relación entre columna y renglón y (v) los elementos se representan mediante líneas, si dos líneas se cruzan dentro del círculo entonces sus elementos están relacionados. Cada una de estas representaciones induce diferentes preguntas o estados concepto-cognitivos, por ejemplo: al ser una representación lineal, (i) da pie a preguntarnos si la longitud (tamaño) de la relación tiene algún significado, pero también, dada su naturaleza lingüística, puede incitar a la búsqueda de una frase mnemotécnica o especialmente significativa; (ii) sugiere la pregunta sobre el número de grafos equivalentes (iii) induce una interpretación de los elementos como conjuntos debido a su semejanza con los diagramas de Venn, (iv) conduce a preguntarnos sobre los posibles significados de la diagonal y (v) permite formular la pregunta sobre la asignación de significado al círculo o la distancia entre el círculo y los puntos de cruce dentro o fuera de éste.

tica, de diagramas y modelos, antes soslayada por no ser necesaria para la justificación, teórica o la correcta aplicación de la teoría (por ejemplo, Carnap, 1939) ahora se destaca por su papel en los procesos de construcción y desarrollo de teorías y modelos.

Una vez abandonada la centralidad de la adversativa, contexto de descubrimiento/contexto de justificación, se revalorizó el papel y los alcances de las guías y restricciones que las imágenes imponen al pensamiento. Lejos de ser accidentes, si acaso, con valor heurístico, los diagramas científicos y su construcción, modificación e interpretación son considerados herramientas de uso corriente en la construcción, modificación e interpretación de teorías.

Los diagramas guían nuestro pensamiento (cf. Galison, 2006) y nuestro cuerpo, pues la puesta en juego de las imágenes mentales conlleva la satisfacción y comitancia de determinados requerimientos de visualización (cf. Mast & Ellis, 2015; Binder *et al.*, 2014; Moreau, 2012; Sollfrank *et al.*, 2015), que a su vez están asociados a determinados estados sensorio motrices (Aglioti, Bufalari & Candidi, 2014; Ferri *et al.*, 2012).

## 2 EL NUEVO MECANICISMO (NM) EN BIOLOGÍA

Desde hace ya más de dos décadas, un grupo creciente de filósofos e historiadores de la biología ha otorgado a los mecanismos un papel muy destacado al interior de la biología misma, de su desarrollo, y de las explicaciones causales dadas en biología (cf. Bechtel & Richardson, 1993; Machamer, Darden & Craver, 2000; Craver, 2001; Craver & Darden, 2001; Glennan, 2002; Darden 2002; Bechtel & Abrahamsen, 2005; Illari & Williamson, 2012). Este énfasis ha ido creciendo, en su anuncio del nuevo *dictum* en filosofía e historia de la biología, Craver y Darden, parafrasean a Dobzhansky: “nada en biología tiene ningún sentido sin la idea de que los biólogos están en búsqueda de mecanismos” (2013, p. 202).

Dentro de las caracterizaciones de mecanismo que ofrece el NM, desde muy temprano, se distinguen dos orientaciones, la de Machamer, Darden y Craver: y la de Glennan. Para la primera: “los mecanismos son entidades y actividades organizadas de manera que son productivas de cambios regulares desde su inicio (o preparación) hasta su final (o condiciones de término) (Machamer, Darden & Craver, 2000, p. 3).

En tanto que, para Glennan,

Un mecanismo para un comportamiento es un sistema complejo que produce ese comportamiento mediante la interacción de un número de partes, en donde

las interacciones entre las partes pueden ser caracterizadas por generalizaciones directas, invariantes y relacionadas al cambio (Glennan 2002, p. 344).

Es de señalarse que ambas caracterizaciones no son incompatibles, y, *mutatis mutandis*, incluso pueden ser combinadas: un mecanismo para un fenómeno se concibe como un conjunto o colección de entidades o partes (espacio-temporalmente localizadas) cuyas actividades relaciones e interacciones (correspondientemente organizadas) producen cambios específicos e invariantes que, considerados globalmente, desde su inicio hasta su término, dan cuenta del fenómeno en cuestión de manera completa.

Dentro de los ejemplos paradigmáticos del NM destaca la atención puesta sobre los contextos moleculares, donde, la agencia causal de las biomoléculas, empata bien con las consideraciones de un mecanismo tipo máquina o las explicaciones causalistas que apelan a mecanismos en los términos antes descritos (cf. Darden & Craver, 2002; Darden, 2008, 2013; Nicholson, 2012). Uno de estos ejemplos es el mecanismo de la síntesis de proteínas. Para Machamer, Darden y Craver (2000), el mecanismo de la síntesis de proteínas frecuentemente es presentado mediante un “esquema abstracto” conocido como el “Dogma central” de la biología molecular, cuya versión sintética (ver fig. 2), muestra, mediante flechas, los flujos de información, entre los ácidos nucleicos y las proteínas.



Figura 2. Versión sintética del dogma central de la biología molecular (redibujado de Machamer, Darden y Craver, 2000, p. 16, a su vez redibujado de Watson, 1965, p. 298).

Darden (2013) presenta una versión más detallada de la síntesis proteica en la que muestra la estructura y organización, dentro de la célula eucariota, de las entidades que participan de la acción del mecanismo, indicando mediante flechas sus movimientos y estadias temporales (fig.3). Destaca las diferencias de tamaño entre los distintos componentes (iones, monómeros, polímeros y orgánulos celulares), la organización espacial (regionalización, estructura interna, orientación y conectividad) y temporal de las diferentes actividades que participan en la síntesis de proteínas (los procesos ocurren en un orden particular y con duración específica, algunos se presentan con cierta frecuencia o se repiten periódicamente).

El esquema considera algunos aspectos que no son frecuentemente contemplados en los diagramas de la síntesis proteica pero que destacan la integración de múltiples mecanismos en el sistema celular en tanto sistema jerárquico, abierto e integrado de mecanismos celulares (por ejemplo, la consideración sobre la formación de las subunidades ribosómicas en el núcleo conjuntando RNA ribosomal con proteínas ribosomales, que migran desde el citoplasma). Sin embargo, no destaca, aunque sí otorga un importante lugar en el esquema, lo que habitualmente se consideraría la síntesis propiamente dicha, e.e., lo que ocurre en el ribosoma, donde se forma la proteína. Darden y Craver (2002), con intereses distintos, se ocuparon de ello.

En ocasiones tanto diagramas como mecanismos están organizados en módulos funcionales (conjuntos de entidades y mecanismos que mantienen una cierta continuidad y desempeñan un papel dentro del mecanismo). En las tesis del NM, cabe destacar cierto reduccionismo, no uno de corte fiscalista, centrado en un nivel inferior, sino uno que contempla la totalidad del fenómeno (la síntesis de proteínas de nuestro ejemplo), como no otra cosa que la suma de la acción espacio-temporalmente coordinada de sus partes. Sin embargo, no puede ser considerado anti-emergentista, pues, como veremos, abre la posibilidad de integración y coordinación entre mecanismos.

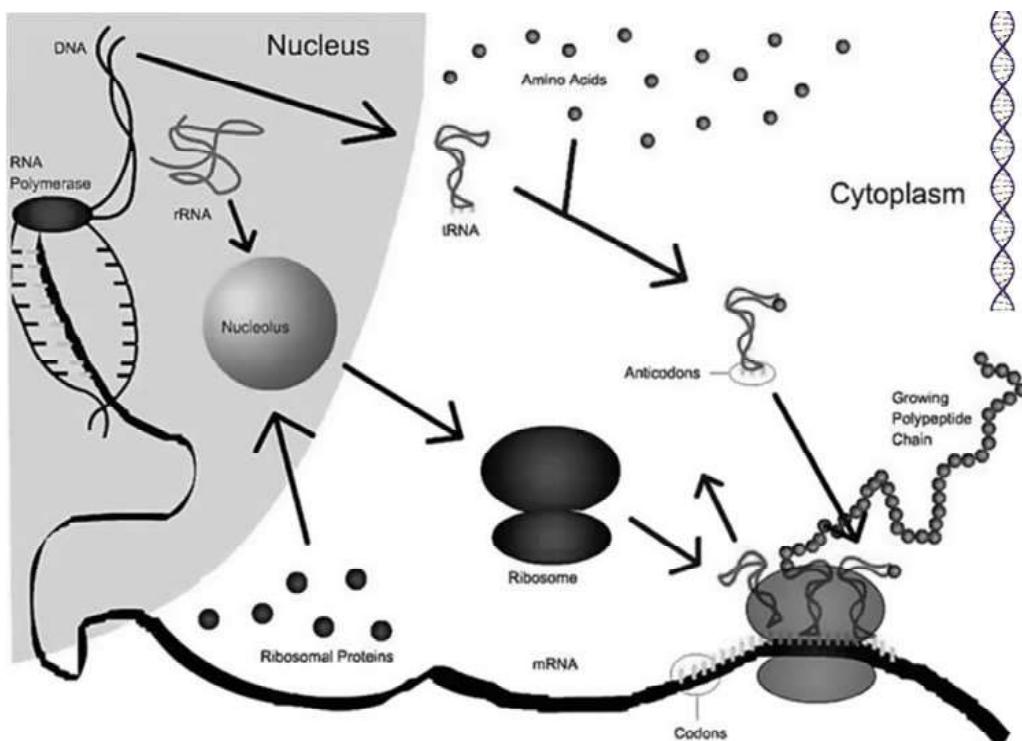


Figura 3. Diagrama del mecanismo de síntesis de proteínas (Darden, 2013, p. 22).

Por lo general, determinadas subestructuras o partes de un diagrama, se encuentran organizadas en módulos funcionales o subestructuras que pueden reaparecer en otros diagramas (cf. Darden, 2013). Los diagramas de mecanismos en su conjunto y sus diferentes partes pueden presentarse con diferentes grados de detalle o niveles de profundidad o, de conocimiento. Los módulos pueden ser plegados o desplegados en cualquier momento. A título de ejemplo, la figura 3 despliega el modulo “traducción” de la figura 2. Lo que ocurre es análogo a los movimientos de una cámara con sus acercamientos (*zoom in*) y panorámicas (*zoom out*). Los módulos (o subestructuras) presentes en los diagramas, pueden ser considerados como mosaicos de partes que poseen cierta intercambiabilidad, pues en principio, quizá con pequeños ajustes, cualquier módulo (o grupo de módulos) puede ser reemplazado por una versión más (o menos) detallada de lo que él representa. El nivel de detalle de las representaciones depende del contexto en el que se presenta la explicación del fenómeno en cuestión, y de nuestros objetivos y limitaciones (tanto materiales como conceptuales).

Darden (2013), diferencia entre esquemas de mecanismos y bocetos o *sketches*. Los primeros son una descripción incompleta, abstracta, de un mecanismo, que sabemos cómo llenar con descripciones específicas de sus entidades y actividades. En contraste, un boceto es una representación dónde algunos de sus componentes no son conocidos (al menos, no todavía). Los bocetos, pueden contener cajas negras para componentes y actividades que desconocemos. La representación de las cajas negras dentro de la estructura general del sistema ayuda a la clarificación de sus posibles funciones, proporcionando una poderosa herramienta heurística.

El NM otorga preeminencia al papel que juegan los mecanismos y sus representaciones visuales (diagramas) en la obtención de explicaciones (cf. Darden & Craver, 2002; Bechtel & Abrahamsen, 2005; Abrahamsen & Bechtel, 2015; Burnston, 2016). Dar una explicación mecanística, es describir el sistema físico responsable del fenómeno a ser explicado (cf. Craver, 2007), esto es, señalar cómo las diferentes características del fenómeno dependen de la organización (acción coordinada) de las entidades y las actividades que componen el mecanismo. No es difícil imaginar por qué las explicaciones que involucran mecanismos propios de la biología, pueden ser muy bien capturadas mediante diagramas (cf. Machamer; Darden & Craver, 2000; Bechtel & Abrahamsen, 2005; Perini, 2005; Sheredos *et al.*, 2013; Craver & Kaiser, 2013; Gebharter & Kaiser, 2014). El formato bidimensional de los diagramas es más adecuado que las representaciones necesariamente lineales de un texto, pues permite referirnos simultáneamente a los diferentes componentes del sistema, sus actividades y sus relaciones con el propio sistema, como un todo, o con otras de sus partes (cf. Perini, 2005).

Dentro del NM, los diagramas son recursos importantes que se han destacado como herramientas para el razonamiento. Hablando de los mecanismos Betchel señala:

(...) a pesar de que esas partes, operaciones, y su organización se pueden describir lingüísticamente, a menudo es más productivo representarlas mediante diagramas, con el texto sirviendo de comentario para guiar la interpretación de los diagramas (Betchel, 2011, p. 537).

Se considera que los mecanismos efectivamente actuantes, explican causalmente el fenómeno. Sus diagramas, constituyen un marco para la construcción, revisión, articulación y extensión de tales explicaciones, pues permiten tanto delimitar el fenómeno a ser explicado, como identificar las relaciones explicativas (cf. Darden 2002; Abrahamsen & Bechtel, 2015).

Esta buena evaluación de los diagramas contrasta con el poco entusiasmo o franca animadversión con que se reciben los enfoques centrados en teorías, leyes y modelos. Bajo las consideraciones del NM, la visión de los mecanismos no se aviene a una narrativa centrada en las teorías y en una idea de la explicación dictada por los cánones de un modelo basado en leyes (cf. Bechtel & Richardson, 1993; Machamer; Darden & Craver, 2000; Craver, 2001; Craver & Darden, 2001; Darden, 2002, 2006; Darden & Craver, 2002; Glennan, 2002; Woodward, 2002; Tabery, 2004; Bechtel & Abrahamsen, 2005, 2007, 2011; Craver, 2008; Craver & Kaiser, 2013; Bechtel, 2011; Sheredos *et al.*, 2013; Abrahamsen & Bechtel, 2015).

En las últimas dos décadas, las posiciones se han movido poco, desde la idea de que “la noción tradicional de ley universal de la naturaleza tiene pocas aplicaciones (si es que alguna) en la neurobiología o en la biología molecular” (Machamer; Darden & Craver, 2000, p. 7), hasta una posición que mira las cosas como una suerte de cambio gestáltico:

Desde ese punto de vista tradicional, es razonable preguntarse cómo exactamente es que el concepto de mecanismo, que desempeña muchas de las mismas funciones en el nuevo paradigma [mecanicista], se relaciona con el concepto de una ley de la naturaleza (Craver & Kaiser, 2013, p. 126).

Pero aunque se otorga la posibilidad de mirar desde el punto de vista centrado en leyes, se piensa que poco se gana con ello:

Los mecanicistas restan centralidad a las leyes en su pensamiento sobre la ciencia debido a que el viejo paradigma, centrado leyes, se ha visto involucrado en debates intrascendentes y, como resultado, ha dejado de generar nuevas preguntas y producir nuevos resultados (Craver & Kaiser, 2013, p. 144).

Se considera que un marco descriptivo en términos de leyes, teorías aporta poco, pues el quid de la cuestión radica en la actividad de los mecanismos.

Las leyes pueden ser invocadas para caracterizar el funcionamiento general del mecanismo o algunas de sus operaciones, pero es el descubrimiento de que se llevan a cabo operaciones particulares lo requerido para especificar el mecanismo (Betschel, 2011, p. 537).

En estas discusiones, en general, el nuevo mecanismo, se contrapone con una idea demasiado restrictiva de las teorías, de las explicaciones que apelan a leyes y de las leyes mismas. Se considera que la explicación por mecanismos, común en numerosos e importantes campos de la biología, es algo distinto, que no puede ser adecuadamente caracterizado bajo noción de teoría o de ley biológica (cf. Machamer; Darden & Craver 2000; Betschel, 2011; Schurz, 2014; Woodward, 2015).<sup>1</sup>

Concepciones semanticistas (centradas en los modelos), no consideradas por el NM (cf. Craver, 2001, 2014; Bechtel & Abrahamsen, 2005) y con caracterizaciones menos rigurosas de las leyes y una estructura jerárquica entre ellas, permiten dar cuenta de los aspectos más destacados de la explicación mecánico-causal. Alleva, Díez y Federico (2012) mostraron como el caso del alosterismo, tal como fue propuesto por Monod, Wyman y Changeux (1965) puede ser reconstruido bajo un marco estructuralista que reconoce entidades (dominios) y actividades (funciones) e impone ciertas formas de acción sobre ellos.<sup>2</sup>

### 3 GRAFO-MODELO DE LA SÍNTESIS DE PROTEÍNA

En lo que sigue, en contra del NM, se darán argumentos en favor de una interpretación de las leyes y de las explicaciones mecanísticas que torna compatibles las ideas de mecanismo y de ley. Se utilizará el mecanismo de la síntesis de proteínas como caso ilus-

<sup>1</sup> Para una primera visión de la discusión acerca de la forma y función de las leyes en las explicaciones en biología véase, entre otros, Sober, 1997; Mitchell, 2000; Kaiser, Scholz, Plenge & Hüttemann, 2014; Reutlinger, 2014.

<sup>2</sup> Como para otras concepciones de la familia semanticista, para la Concepción estructuralista, las teorías se identifican con una cierta clase de modelos. Ha sido característico de esta escuela presentar los modelos en forma de una estructura matemática caracterizada en el lenguaje de la teoría de conjuntos, de manera similar a como se hace en la teoría matemática de modelos. Así, un modelo teórico ( $m$ ) se representa por una tupla ordenada que incluye determinados dominios y funciones entre ellos ( $m = \langle D_1, D_2, \dots, D_k, f_1, f_2, \dots, f_n \rangle$ ). Dominios y relaciones deben satisfacer una serie jerarquizada de restricciones no accidentales, tanto estructurales como funcionales, propias de la teoría. A tales restricciones se les denomina leyes.

trativo.<sup>3</sup> Se partirá del *dictum* semanticista que consiste en identificar una teoría empírica, con una familia de modelos. Dentro de las posiciones semanticistas, los modelos teóricos se conciben como estructuras compuestas, y han sido caracterizadas de muy diferentes formas y en lenguajes muy diferentes. Por ejemplo: como arquitecturas topológicas de un espacio de estados (cf. van Fraassen, 1970), mediante estructuras matemáticas con dominios y relaciones caracterizadas en el lenguaje de la teoría de conjuntos (cf. Balzer; Moulines & Sneed, 1987), como espacios conceptuales regionalizados con dominios, dimensiones y posiciones relativas (cf. Gärdenfors, 2000; Zenker & Gärdenfors, 2015), como grafos-modelo caracterizados a la manera de la teoría de categorías (cf. Méndez & Casanueva, 2006) o como estructuras concepto-cognitivas que median entre la teoría y la realidad, sin describirlas en algún lenguaje matemático particular (cf. Giere, 1988, 2004, 2010). Ninguna de estas formas posee un estatus privilegiado (cf. van Fraassen, 1989; Díez & Moulines, 2000) y entre algunas existe la suficiente cercanía como para intentar la confección de diccionarios de traducción.

Dentro del NM se ha otorgado preeminencia a la explicación, pues se considera que la existencia de los mecanismos proporciona una muy importante si no la única vía para la obtención de genuinas explicaciones. La existencia del mecanismo es un garante “material” de que el fenómeno ocurre, en virtud de la coordinación espacio temporal de las acciones mecanísticamente causales de las partes del mecanismo (cf. Machamer; Darden & Craver, 2000; Woodward, 2002; Nicholson, 2012; Darden, 2008, 2013; Illari & Williamson, 2012; van Mil; Boerwinkel & Waarlo, 2013; Craver 2014; Mekios, 2015).

3 Conviene señalar que nombres tales como: “diagrama de la estructura del DNA”, “diagrama del modelo del operón de la lactosa”, “diagrama de la síntesis de proteínas” etc., no son nombres que refieran a entidades particulares (*tokens*) sino que denotan, o bien clases de entidades (conjuntos), o bien descripciones que deben satisfacer los miembros de una clase (*types*). No existe “El” diagrama de la síntesis de proteínas, sino un conjunto de ellos que, haciendo abstracción del estilo pictórico, varían entre sí en diferentes aspectos. En el nivel de detalle (en general o en sus diferentes partes), en los límites considerados (espaciales y temporales), en los contextos del mecanismo que se describe, en su contenido informativo, en su contenido epistémico, en sus vínculos y presupuestos etc. En la medida en que pretenden describir o referir al “mismo” mecanismo. Todos ellos comparten ciertos aspectos generales, pero se pueden diferenciar mucho, la suma de particularidades de lo que ocurre en diferentes casos, o los grados de profundidad o de conocimiento con que se trata un ítem, pueden llevarnos a esquemas muy distintas. Por otro lado, no hay que olvidar que existe cierto holismo semántico en un diagrama, pues si bien es cierto que el significado de la totalidad del diagrama depende tanto de la identidad de sus símbolos individuales o “atómicos”, como de su composición o arreglo (cf. Perini 2005), también es cierto que el significado completo de los símbolos individuales, a su vez, depende del diagrama en el que se inscriben; de manera análoga a como el significado de los términos y conceptos depende del contexto en que se insertan (Moulines, 1992). Así como el significado del término o del concepto “masa” varía si se ubica en el contexto de la mecánica clásica o en el de la relativista, el significado de un símbolo que represente, por ejemplo, “gen” no es el mismo si se ubica en un diagrama del sobrecrecimiento cromosómico, con los genes como cuentas en un collar, o en uno sobre el operón de la lactosa, con los genes como regiones de una hebra de DNA.

Aunque no compartimos la tesis de la primacía explicativa de los mecanismos,<sup>4</sup> sí compartimos el énfasis puesto en las explicaciones, así, ubicaremos la presente propuesta en el contexto de la naturaleza de las explicaciones dadas en biología molecular. Hemos elegido presentar el modelo de la síntesis de proteínas en el código de escritura de los grafos-modelo, ya que su formato bidimensional (de manera similar a lo que pasa en los diagramas empleados en biología) captura de un solo vistazo la estructura conceptual. Adicionalmente permite identificar, con relativa sencillez, diferentes funciones epistémicas implicadas en la obtención de explicaciones, pues se corresponden con diferentes partes o regiones del esquema que destacan los flujos de información presentes en una explicación.

La idea básica es sencilla, si los modelos teóricos se conciben como estructuras matemáticas que constan de una serie de entidades (partes, sistemas o dominios) entre las cuales (o dentro de las cuales) se postulan diversas relaciones, más específicamente, funciones ( $m = \langle E_1, \dots, E_n, f_1, \dots, f_n \rangle$ ), entonces, su estructura conceptual se puede simbolizar mediante un grafo, donde las entidades están representadas por puntos (signos o imágenes) y las funciones por flechas (cf. Casanueva & Méndez, 2008). De manera análoga a lo que ocurre con los diagramas en biología, los grafos-modelo, pueden representarse con diferentes niveles de profundidad de análisis (cf. Casanueva, 2009).

### 3.1 LOS DIFERENTES COMPONENTES DEL GRAFO DE LA SÍNTESIS PROTEICA

La figura 4, muestra un grafo muy general sobre la síntesis de proteínas, de manera análoga a los diagramas esquema (por ejemplo, la figura 2), sabemos cómo extender dicho grafo. Ante todo, el asunto, fenómeno o mecanismo del que pretendemos dar cuenta mediante nuestros modelos, debe delimitarse con claridad, más allá de simplemente decir es la forma en que se producen las proteínas, su bio-síntesis. En el grafo se distingue entre las subestructuras que se usan en el planteamiento de la pregunta acerca de la síntesis (por debajo de la línea punteada) y las que sirven para la obtención de la respuesta (por encima de la línea).

La pregunta está representada por tres componentes, en la parte inferior del esquema: la flecha horizontal marcada con un signo de interrogación, su origen y su destino. ¿Cómo, dentro de la célula, pasamos de un estado (en  $t$ ) cuya descripción, (en términos de una amplia gama de biomoléculas – iones, monómeros y biopolímeros informacionales – y orgánulos subcelulares, de diferentes tipos), no incluye la proteí-

<sup>4</sup> La idea nos parece un error categorial, como mencionamos, los hechos no se eslabonan lógicamente con los enunciados, la explicación es un acto de habla que postula relaciones entre enunciados. No es el mecanismo, sino la veracidad del enunciado que afirma su existencia y su particular comportamiento, lo que explica por qué se produce un fenómeno.

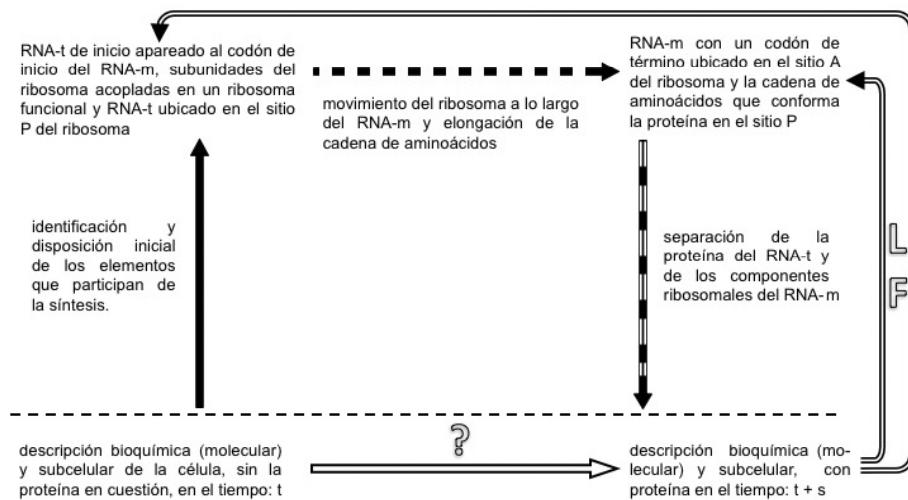


Figura 4. Diagrama del mecanismo de síntesis de proteínas que destaca los flujos informativos de la pregunta o asunto y la respuesta.

na en cuestión, a otro estado posterior ( $t+e$ ), cuya descripción sí la incluye? Aquí, se nos indica que la pregunta acerca del mecanismo o proceso de formación de las proteínas, se formula en un contexto subcelular, biomolecular y temporalizado. Tanto el estado pre-síntesis como el post-síntesis, se describen en términos del tipo, abundancia, y ubicación de las especies bioquímicas (moleculares) y orgánulos que se hallan presentes en determinadas regiones de la célula en determinados momentos. Éste es el marco conceptual que, por decirlo en los términos de van Fraassen, fija la clase de contraste, o, en lenguaje de la concepción estructuralista, delimita el territorio donde se ubican las aplicaciones intencionales, (territorio que prescriptivamente se debe describir en términos que no presupongan la validez de las leyes enunciadas por el modelo o teoría).

Cabe destacar que, si bien la carga teórica de las descripciones arriba mencionadas es clara, su origen se encuentra en la bioquímica o en la biología celular, no en el mecanismo de síntesis de proteínas. En algunos esquemas puede perderse de vista la naturaleza, fundamentalmente bio-química de las entidades que participan de la síntesis proteica. Ello se debe al grado de detalle con que se representan. Por ejemplo, en ocasiones, propias de contextos biomoleculares o celulares, el RNA está representado como una cinta en la que se indican las posiciones relativas de una serie de bases nitrogenadas (que a veces se identifican mediante letras, o incluso fórmulas químicas), no se hace énfasis en su estructura en tanto bio-polímero (cadena de nucleótidos). En otras ocasiones, en contextos más cercanos a la bioquímica, se muestra, con detalle

estereoquímico, la estructura espacial del RNA como una cadena molecular de ribosas, cuyo carbono 1' está unido covalentemente a una base nitrogenada y las ribosas se encuentran unidas entre sí en dirección 5'-3' mediante enlaces fosfo-diester. A veces, incluso se particulariza sobre los pormenores de la plasticidad estructural del RNA, pues presenta estructuras terciarias muy variables (desde una hélice de banda simple, o doble, hasta ovillamientos muy complicados). Idealmente, en cualquier momento podemos pasar de un tipo de representación a otro y existen representaciones mixtas.<sup>5</sup>

En la parte correspondiente a la respuesta, a fines de su presentación, se dividirán las subestructuras en tres tipos o momentos: (i) las que realizan la introducción de los términos teóricos, (ii) las que corresponden a una serie de transformaciones concatenables donde, de manera justificada, se obtienen determinados estados de cosas a partir de otros y (iii) las que corresponden a la aplicación o desenlace que cierra la respuesta, pues permite obtener la situación buscada. En este caso, la descripción (en términos de las biomoléculas y orgánulos subcelulares), de un estado que, de manera posterior al momento de inicio, incluye la proteína en cuestión.

La flecha negra ascendente representa lo que en lenguaje de la concepción estructuralista de teorías correspondería a la introducción de los términos síntesis-proteica-teóricos. Se considera que el significado de éstos cobra sentido al interior del modelo de la síntesis de proteínas, pues se introducen con la intención de explicar a, o dar cuenta de, dicha síntesis (cf. Balzer; Moulines & Sneed, 1987). La flecha vincula la descripción inicial de la pregunta (formulada de manera no síntesis-proteica-teórica), con una descripción síntesis-proteica-teórica. Esto constituye una ampliación de los horizontes lingüísticos, que establece la existencia de nuevos tipos de entidades, no considerados con anterioridad.

A diferencia de lo que ocurre en física, donde la mayoría de los términos T-teóricos, en muy diferentes teorías (T), suelen ser funciones métricas o funcionales (funciones de funciones) métricos,<sup>6</sup> en biología molecular, muchos de los términos T-teóricos corresponden a entidades (materiales), a propiedades o partes de tales entidades, mas también se pueden presentar, relaciones, funciones y funcionales. En el caso que nos ocupa, esencialmente, los términos síntesis-proteica-teóricos son:

- (i) Dos tipos de RNA. El RNA-mensajero (RNA-m) y el RNA de transferencia (RNA-t).
- (ii) Una enzima: la peptidil transferasa.

<sup>5</sup> En biología es muy común que un determinado asunto o fenómeno se enlace, no con un tipo de representación, sino con una serie conectada de ellos (y parte del trabajo consiste en transitar de uno a otro).

<sup>6</sup> Piénsese, por ejemplo, en funciones como masa, o temperatura, o funcionales como aceleración, fuerza, energía, entropía etc.

- (iii) Un conjunto de factores de liberación.
- (iv) Los tres sitios del ribosoma funcional (sitio A (del Aminoácido), sitio P (del Péptido), y sitio E (de salida (*Exit*)).
- (v) Una función de identificación de los codones del RNA-m, Una función de identificación de los anticodones de los diferentes RNA-t.
- (vi) Una función de identificación del estado de los RNA-t (libre, unido a su respectivo aminoácido o unido a una cadena peptídica cuyo último aminoácido es el que corresponde al RNA-t en cuestión).
- (vii) Una serie de funciones, dependientes del tiempo, que nos permiten establecer el contenido molecular de los sitios del ribosoma.

La identificación del RNA como una molécula de ácido ribonucléico con cierto rango de peso molecular y determinadas posibilidades de estructura terciaria o cuaternaria, posee un fuerte contenido bioquímico teórico. Su postulación como RNA-m o RNA-t añade contenido síntesis proteica-teórico. De manera semejante, saber que la peptidil transferaza es una enzima, es una caracterización propia de la bioquímica o de la enzimología, el postular que en ausencia de ribosomas es inerte y su forma de acción en el ribosoma, añade contenido síntesis proteica-teórico. La identificación de las subunidades ribosomales tiene contenido con carga teórica derivado de la biología celular, la postulación de que el ribosoma activo está conformado por un par de subunidades, de tamaño desigual, cuyo acoplamiento conforma los diferentes sitios donde se lleva a cabo la síntesis de proteínas, agrega contenido síntesis proteica-teórico, como también lo señala que los factores de liberación se unen en el sitio A. La caracterización de que un trinucleótido posee tales bases nitrogenadas, es bioquímica, la afirmación de que se trata del iésimo codón de un RNA-m, o del anticodón de un RNA-t que corresponde a determinado aminoácido, o que dicho trinucleótido se encuentra en sitio A de un ribosoma en el instante  $i$  son afirmaciones con carga teórica derivada de la Síntesis proteica.

Esencialmente, la flecha negra ascendente, es la abreviatura de la aplicación de una serie de funciones que en una serie de pasos operan sobre la descripción de inicio de la pregunta y que, tomadas conjuntamente, nos indican que en un determinado momento (i) en el sitio P de un ribosoma activo (e.e., uno donde las subunidades ribosomales se encuentran acopladas en un ribosoma funcional), un RNA-t de inicio portando el aminoácido (i) se aparea con el codón de inicio del RNA-m. y a continuación, en el sitio A un RNA-t cargado con su correspondiente aminoácido, según la clave dada por el código genético se aparea con el anticodón correspondiente al codón ( $i+1$ )

La flecha horizontal punteada en la parte superior de la figura 4 representa la parte medular de la síntesis: una sucesión temporal de estados o episodios efectiva-

mente concatenados en virtud de la permanencia o modificación coherente de las entidades que participan de la síntesis y de sus posiciones relativas. La disposición, en los diferentes sitios del ribosoma, de las biomoléculas que participan en diferentes momentos de la síntesis se indica en la figura 5. Mientras el ribosoma se desplaza a lo largo del RNA-m, sucesivos RNA-t que portan los aminoácidos que conformarán la proteína,<sup>7</sup> se van apareando, en consonancia con el apareamiento complementario de las bases nitrogenadas presentes en el codón y el anticodón, con la serie de codones del RNA-m en el sitio A. En una serie de procesos que se repiten codón a codón, el RNA-t, que recién ingresa al ribosoma, recibe la creciente cadena de aminoácidos quedando el suyo en el extremo final, y a continuación al tiempo que va avanzando por el

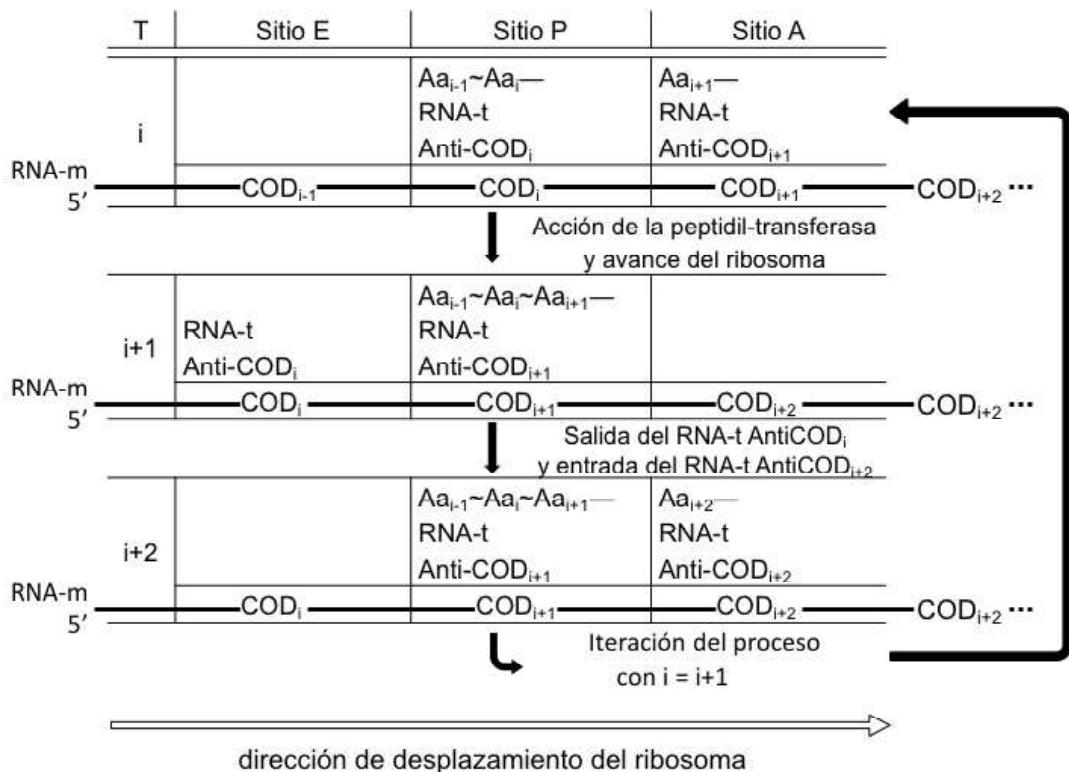


Figura 5. Estados de ocupación sucesivos de los diferentes sitios del ribosoma. La columna de la izquierda, representa el tiempo, indica el paso o intervalo temporal del que se trata. El resto de las columnas indican cuáles moléculas (o porciones de moléculas) ocupan los distintos sitios del ribosoma en los sucesivos instantes.

<sup>7</sup> El carbono 3' de la ribosa terminal se encuentra unido covalentemente a una molécula de aminoácido, esta unión es específica y depende del anti-codón que porta la molécula de RNA-t.

ribosoma pasa la cadena al siguiente RNA-t. Una vez que ha quedado sin carga de aminoácidos, abandona el ribosoma.<sup>8</sup>

La flecha descendente de guiones blancos y negros, de la figura 4 representa le término de la síntesis, la separación de la proteína del sistema molecular donde se ha formado. Cuando el ribosoma llega a un codón de término (un triplete de bases no asociado a ningún RNA-t), el sitio A es ocupado por una serie de (factores de liberación, que en conjunción con la RNA-polimerasa separan la proteína del RNA-t que corresponde al último de los aminoácidos de la cadena, a continuación, las dos subunidades del ribosoma se separan del RNA-m.

Hemos visto cómo actúan las distintas entidades que participan de la síntesis proteica sin embargo, para que todo marche adecuadamente es necesario agregar algo más, algo que coordine la forma en que están relacionadas entidades y funciones (su modo de acción). Algo que proporcione un garante de que necesariamente el proceso será así. Bajo los cánones del NM diríamos que lo que hace falta es postular la efectiva existencia del mecanismo, bajo los de un enfoque modelo-teórico como el que hemos seguido, lo faltante es una ley, que, de manera sinóptica, postule la existencia y concurrencia o ponga en relación, las diferentes entidades y funciones postuladas por el modelo.

Antes de enunciar la forma que tomaría la ley permítasenos señalar la relación que existe entre leyes y modelos. Un modelo es una interpretación que fija el significado de las entidades y funciones de una manera global, sistémica. En la asignación de significado no se buscan (o se construyen) uno a uno los términos en (o de) un diccionario de definiciones, el significado se fija fundamentalmente mediante una restricción que involucra a todas las entidades y funciones postuladas por el modelo. El modelo explica la ontología de la porción del mundo de la cual se pretende hablar, nos indica cuál es su estructura y, de forma sinóptica, señala su dinámica. Un modelo nos dice de manera holista qué es lo que hay en el mundo y cómo se comporta, esto es, nos indica las restricciones a las que la ontología está sometida. Nos dice a qué leyes obedece su comportamiento. Las leyes regulan el comportamiento de las entidades (dominios) y actividades (funciones) que conforman los mecanismos, dando lugar al apoyo a contrafácticos.

Como hemos apuntado, concepciones semanticistas, con una estructura de leyes jerárquica y una caracterización de las leyes como generalizaciones no accidentales, permiten dar cuenta de los aspectos más destacados de la explicación mecánico-

<sup>8</sup> Cabe señalar que la narración de esta sucesión episódica constituye la parte medular de la historia de la síntesis de proteínas y su descripción podría hacerse en términos de una explicación narrativa, con la salvedad de que estos eventos no son únicos sino que ocurren regularmente en cada síntesis. Adicionalmente, desde un punto de vista cognitivo esta narrativa está asociada a el esquema imaginario “fuente de movimiento-sendero-meta” mismo que es el principal esquema relacionado con las explicaciones narrativas (cf. Lakoff & Nuñez, 2005),

causal. En el caso que nos ocupa la ley postula la existencia de las diferentes entidades involucradas en la síntesis proteica. Así como el segundo principio de Newton postula la existencia de fuerzas que dan cuenta del movimiento, la ley, o si se prefiere generalización no accidental, de la síntesis de proteínas postula la existencia de entidades subcelulares que interactúan de maneras específicas a fin de que la síntesis ocurra. Las Flechas marcadas LF, en la figura 4 representan tal ley, un posible enunciado para la misma sería:

“Para toda proteína existe:

- un RNA m;
  - un conjunto de RNA-t, (en sus tres estados (libre, unido a su respectivo aminoácido o unido a una cadena peptídica cuyo último aminoácido es el que corresponde al RNA-t en cuestión);
  - un par de subunidades ribosómicas, acopladas en un ribosoma funcional;
  - una enzima peptidil transferasa;
  - tres sitios del ribosoma funcional (A, P y E) de síntesis;
  - una función de identificación de los codones del RNA-m;
  - una función de identificación de los anticodones de los diferentes RNA-t;
  - una función de identificación del estado de los RNA-t;
  - un conjunto de funciones, dependientes del tiempo, que nos permiten establecer el contenido molecular de los sitios del ribosoma y
  - un conjunto de factores de liberación,
- tales que:
- en un determinado momento, que podríamos llamar de inicio, el sitio P del ribosoma funcional se encuentra ocupado por: un RNA-t de inicio, (con su respectivo aminoácido de inicio (aa)) apareado al codón de inicio del RNA-m que se encuentra en el mismo sitio;
  - en el instante posterior, en el sitio A del ribosoma funcional un RNA-t cargado con su correspondiente aminoácido, se apareja con el anticodón correspondiente al codón ( $i+1$ ) según la clave dada por el código genético;
  - el resto de las moléculas involucradas van dando lugar a una serie de episodios concatenados según la pauta de la figura 5 y lo indicado para la flecha descendente de guiones blancos y negros.”

En la manera utilizada aquí (al igual que en las reconstrucciones de la escuela estructuralista), las leyes presentan una estructura jerárquica. A la restricción indicada arriba se van añadiendo otras abriendo sucesivamente distintas ramas, especificando la naturaleza de las entidades y funciones cuya naturaleza se ha dejado parcial-

mente sin definir en las leyes anteriores de la rama, al final de cada rama obtenemos una formulación completamente especificada de la ley. Las restricciones sucesivas, se encuentra en una relación de especialización, en el sentido estructuralista (cf. Balzér, Moulines & Sneed, 1987).

A continuación, sin pretender exhaustividad, se enuncian algunas líneas de especialización, mismas que construyen especificando: (i) el tipo particular de código genético utilizado (si bien el código más frecuente se encuentra casi universalmente extendido, existen versiones alternativas (cf. Osawa *et al.*, 1993)) Los diferentes códigos pueden presentarse de manera independiente o mediante una estructura de ramificaciones evolutiva (cf. Jukes & Osawa, 1993). (ii) El tipo de estructuras ribosomales, aquí debe considerarse la enorme variedad de estructuras ribosomales a lo largo de los grandes dominios biológicos (*Archaea*, *Bacteria* y *Eucarya*), pudiendo llegar a la particularización de especies biológicas (cf. Noll & Miller, 1970). (iii) El tipo de codones de inicio, (iv) el tipo de codones de codones de término, (v) los diferentes tipos de peptidil, transferasa etc.

## CONCLUSIONES

La formulación de la síntesis proteica, en términos de mecanismos no es incompatible con su formulación en términos de modelos y leyes, el asunto parece una mera cuestión de perspectivas lo que resta fuerza a la tesis de la incompatibilidad de enfoques. En principio esta conclusión puede ser extendida a la totalidad de los mecanismos postulados en biología molecular.❷

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo participa de los proyectos CB 182084, del CONACYT, México y PICT2007 N° 1558 del ANPCyT, Argentina.

Mario CASANUEVA  
Departamento de Humanidades,  
Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México.  
Phibio, Seminario de Filosofía de la Biología, México.  
REMO, Seminario de Representación y Modelización, México.  
*mario.casanueva@gmail.com*

Rubén MADRIGAL  
Maestría en Ciencias Sociales y Humanidades,  
Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México.  
*ruben.madrigalceballos@gmail.com*

Informational flows, mechanisms and models  
in protein synthesis

ABSTRACT

This paper starts with an emphasis on the increasing importance of diagrams in philosophy of science, highlighting their capacity for heuristic evocation, their usefulness for representation and calculus, and their power of synthesis. Next, we present how diagrams are important and have been well received within the new Mechanistic philosophy of science, which contrasts with this school's rejection of approaches centered on laws and models. Finally, We propose an interpretation of laws and mechanistic explanations that conciliates the concepts of mechanism and law. The mechanism of protein synthesis is used as an illustrative case.

KEYWORDS • Diagrams. Models. New mechanistic philosophy of science. Protein synthesis.  
Graph-model conception. Explanation. Information flow.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSSEN, A. & BECHTEL, W. Diagrams as tools for scientific reasoning. *Review of Philosophy and Psychology*, 6, 1, p. 117-31, 2015.
- ALLEVA, K.; DÍAZ, J. A. & FEDERICO, L. La teoría MWC (Monod, Wyman y Changeux): el sistema alóstérico. *Agora: Papeles de Filosofía*, 3, 2, p. 225-50, 2012.
- ALLWEIN G. & BARWISE J. (Ed.). *Logical reasoning with diagrams*. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- AGLIOTTI, S. M.; BUFALARI, I. & CANDIDI, M. Multisensory mental simulation and aesthetic perception. In: LEVENT, N. & PASCUAL-LEONE, A. (Ed.). *The multisensory museum: cross-disciplinary perspectives on touch, sound, smell, memory, and space*. Lanham: Rowman & Littlefield, 2014. p. 301-18.
- ANDERSON, M.; MEYER, B. & OLIVIER, P. (Ed.). *Diagrammatic representation and reasoning*. London/Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2002.
- ANDREWS, S. et al. (Ed.). *Proceedings 19th International Conference on Conceptual Structures*. Heidelberg: Springer, 2011.
- BALZER, W.; MOULINES, C. U. & SNEED, J. D. *An architecture for science. The structuralist program*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- BARWISE, J. & ETCHEMENDY, J. Information, infons, and inference. In: COOPER, R.; MUKAI, K. & PERRY, J. (Ed.). *Situation theory and its applications*. Stanford: CSLI Publications, 1989. v. 1, p. 33-78.
- BARWISE, J. & SELIGMAN, J. *Information flow: the logic of distributed systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- BARWISE, J. & SHIMOJIMA, A. Surrogate reasoning, cognitive studies: *Bulletin of Japanese Cognitive Science Society*, 4, 2, p. 7-27, 1995.
- BECHTEL, W. Mechanism and biological explanation. *Philosophy of Science*, 78, 4, p. 533-57. 2011.
- BECHTEL, W. & ABRAHAMSSEN, A. Explanation: a mechanist alternative. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36, p. 421-41. 2005.
- \_\_\_\_\_. In search of mitochondrial mechanisms: Interfield excursions between cell biology and biochemistry. *Journal of the History of Biology*, 40, p. 1-33. 2007.
- \_\_\_\_\_. Complex biological mechanisms: cyclic, oscillatory, and autonomous. In: HOOKER, C. A. (Ed.). *Philosophy of complex systems. Handbook of the philosophy of science, Volume 10*. New York: Elsevier, v. 10, p. 257-86. 2011.

- BECHTEL, W. & RICHARDSON, R. C. *Discovering complexity: decomposition and localization as strategies in scientific research*. Princeton: Princeton University Press, 1993.
- BINDER, E. et al. Sensory-guided motor tasks benefit from mental training based on serial prediction. *Neuropsychologia*, 54, p. 18-27. 2014.
- BRAILLARD, P. & MALATERRE, C. (Ed.). *Explanation in biology*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015.
- BURNSTON, D. C. Data graphs and mechanistic explanation. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 57, p. 1-12. 2016.
- CARNAP, R. *Foundations of logic and mathematics*. Chicago: University of Chicago Press, 1939.
- CHEIN, M.; MUGNIER, M. L. & CROITORU, M. Visual reasoning with graph-based mechanisms: the good, the better and the best. *The Knowledge Engineering Review*, 28, p. 249-71. 2013.
- CASANUEVA, M. & MÉNDEZ, D. Teoría y experimento en genética mendeliana: una exposición en imágenes. *Theoria*, 63, p. 285-306. 2008.
- CASANUEVA, M. & BOLAÑOS, B. (Ed.). *El giro pictórico: epistemología de la imagen*, Madrid: Cuajimalpa, 2009.
- CASANUEVA, M. Transmisión visual del conocimiento. In: CASANUEVA, M. & BOLAÑOS, B. (Ed.). *El giro pictórico: epistemología de la imagen*, Madrid: Cuajimalpa, 2009. p. 213-34.
- CHAO, H.; CHEN, S. & MILLSTEIN, R. (Ed.). *Mechanism and causality in biology and economics*. Dordrecht: Springer. 2013.
- COOPER, R.; MUKAI, K. & PERRY, J. (Ed.). *Situation theory and its applications*. Stanford: CSLI Publications, 1989.
- CRAVER, C. F. Role functions, mechanisms and hierarchy. *Philosophy of Science*, 68, p. 31-55. 2001.
- \_\_\_\_\_. When mechanistic models explain. *Synthese*, 153, 3, p. 355-76. 2006.
- \_\_\_\_\_. *Explaining the brain*. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- \_\_\_\_\_. Physical law and mechanistic explanation in the Hodgkin and Huxley model of the action potential. *Philosophy of Science*, 75, 5, p. 1022-33. 2008.
- \_\_\_\_\_. The ontic account of scientific explanation. In: KAISER, M. (Ed.). *Explanation in the special sciences. The case of biology and history*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 27-52.
- CRAVER, C. F. & DARREN, L. Discovering mechanisms in neurobiology: the case of spatial memory. In: MACHAMER, P.; CRUSH, R. & McLAUGHLIN, P. (Ed.). *Theory and method in the neurosciences*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2001. p. 112-37.
- \_\_\_\_\_. In search of mechanisms: discoveries across the life sciences. Chicago: University of Chicago Press, 2013.
- CRAVER, C. F. & KAISER, M. I. Mechanisms and laws: clarifying the debate. In: CHAO, H.; CHEN, S. & MILLSTEIN, R. (Ed.). *Mechanism and causality in biology and economics*. Dordrecht: Springer, 2013. p. 125-45.
- DARREN, L. Strategies for discovering mechanisms: schema instantiation, modular subassembly, forward, backward chaining. *Philosophy of Science* (Suplemento PSA 2000 Parte II), 69, p. S354-S365. 2002.
- \_\_\_\_\_. Flow of information in molecular biological mechanisms. *Biological Theory*, 1, 3, p. 280-7. 2006.
- \_\_\_\_\_. Thinking again about biological mechanisms. *Philosophy of Science*, 75, 5, p. 958-69. 2008.
- \_\_\_\_\_. *Mechanisms versus causes in biology and medicine*. In: CHAO, H.; CHEN, S. & MILLSTEIN, R. (Ed.). *Mechanism and causality in biology and economics*. Dordrecht: Springer, 2013. p. 19-34.
- DARREN, L. & CRAVER, C. Strategies in the interfield discovery of the mechanism of protein synthesis. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 33, p. 1-28. 2002.
- DÍEZ, J. A. & MOULINES, C. U. *Fundamentos de la filosofía de la ciencia*, Barcelona: Ariel, 1999.
- EINSTEIN, A. Testimonial on the psychology of mathematical invention. In: HADAMARD, J. (Ed.). *The psychology of invention in the mathematical field*. Princeton: Princeton University Press, 1945. p. 142-3.
- FERRI, F. et al. A sensorimotor network for the bodily self. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24, 7, p. 1584-95. 2012.

## FLUJOS INFORMATIVOS, MECANISMOS Y MODELOS EN LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

- GALISON, P. Images scatter into data, data gather into images. In: MANGHANI, S.; PIPER, A. & SIMONS, J. (Ed.). *Images: a reader*. London: Sage, 2006. p. 236-41.
- GÄRDENFORS, P. *Conceptual spaces. The geometry of thought*. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- GÄRDENFORS, P. & ZENKER, F. (Ed.). *Applications of conceptual spaces*. Dordrecht: Springer, 2015.
- GEBHARTER, A. & KAISER, M. I. Causal graphs and biological mechanisms. In: KAISER, M. I.; SCHOLZ, O. R.; PLENZE, D. & HÜTTEMANN, A. (Ed.). *Explanation in the special sciences*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 55-85.
- GIARDINO, V. Towards a diagrammatic classification. *The Knowledge Engineering Review*, 28, p. 237-48. 2013.
- GIERE, R. N. *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- \_\_\_\_\_. How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, Supplement, p. 742-52. 2004.
- \_\_\_\_\_. An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172, 2, 269-81. 2010.
- GLENNAN S. Rethinking mechanistic explanation. *Philosophy of Science*, 69, 342-53. 2002.
- GOODWIN, W. M. Visual representations in science. *Philosophy of Science*, 76, 3, 2009.
- HADMARD, J. (Ed.). *The psychology of invention in the mathematical field*. Princeton: Princeton University Press, 1945.
- HOFFMANN, M. H. Cognitive conditions of diagrammatic reasoning. *Semiotica*, 186, p. 189-212. 2011.
- ILLARI, P. M., & WILLIAMSON, J. What is a mechanism? Thinking about mechanisms across the sciences. *European Journal for Philosophy of Science*, 2, 1, p. 119-35. 2012.
- JUKES, T. H., & OSAWA, S. Evolutionary changes in the genetic code. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B: Comparative Biochemistry*, 106, 3, p. 489-94. 1993.
- KAISER, M. I.; SCHOLZ, O. R.; PLENZE, D. & HÜTTEMANN, A. (Ed.). *Explanation in the special sciences*. Dordrecht: Springer, 2014.
- KULPA, Z. Main problems of diagrammatic reasoning. Part I: the generalization problem. *Foundations of Science*, 14, 1-2, p. 75-96. 2009.
- LAKOFF, G. & NÚÑEZ, R. E. *Where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being*. New York: Basic Books. 2005.
- LARKIN, J. H. & SIMON, H. A. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 1, p. 65-100. 1987.
- MACHAMER, P.; DARDEN, L. & CRAVER, C. F. Thinking about mechanisms, *Philosophy of Science*, 67, p. 1-25. 2000.
- MAGNANI, L.; NERESSIAN, N. & THAGARD, P. (Ed.). *Model-based reasoning in scientific discovery*. Springer Science & Business Media. 2012.
- MANGHANI, S.; PIPER, A. & SIMONS, J. (Ed.). *Images: a reader*. London: Sage. 2006.
- MAST, F. W. & ELLIS, A. W. Internal models, vestibular cognition, and mental imagery: conceptual considerations. *Multisensory Res*, 28, 5-6, p. 443-60. 2015.
- MEKIOS, C. Explanation in systems biology: is it all about mechanisms? In: BRAILLARD, P. & MALATERRE, C. (Ed.). *Explanation in biology*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. p. 47-72.
- MÉNDEZ, D. & CASANUEVA, M. A reconstruction of Darwin's pangenesis in a graph format. In: NIEBERGAL, E. (Ed.). *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie*. Muenchen/Tübingen: Mentis, 2006. p. 157-64.
- MILLER, P. (Ed.). *Control of organelle development*. London: Cambridge University Press, 1970.
- MITCHELL, S. D. Dimensions of scientific law. *Philosophy of Science*, p. 242-65. 2000.
- MONOD, J.; WYMAN, J. & CHANGEUX, J. P. On the nature of allosteric transitions: a plausible model. *Journal of Molecular Biology*, 12, p. 88-118. 1965.
- MOREAU, D. The role of motor processes in three-dimensional mental rotation: shaping cognitive processing via sensorimotor experience. *Learning and Individual Differences*, 22, 3, p. 354-59. 2012.

- MOULINES, C. U. La concepción estructural de las ciencias como forma de holismo. In: *Agora*, 11, 1, p. 9-18. 1992.
- NELSEN, R. *Proofs without words: exercises in visual thinking*. Washington: Mathematical Association of America, 1993.
- NICHOLSON, D. J. The concept of mechanism in biology. *Studies in History and Philosophy of Science. Part C*, 43, 1, p. 152-63. 2012.
- NIEBERGAL, E. (Ed.). *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie*. Muenchen/Tübingen: Mentis, 2006.
- NOLL, H. & MILLER, P. Organette integration and the evolution of ribosome structure and function. In: MILLER, P. (Ed.). *Control of organelle development*. London: Cambridge University Press, 1970. p. 419-47.
- OSAWA, S. et al. Recent evidence for evolution of the genetic code. *Microbiological Reviews*, 56, 1, p. 229-64. 1992.
- PERINI, L. Explanation in two dimensions: diagrams and biological explanation. *Biology and Philosophy*, 20, p. 257-69. 2005.
- \_\_\_\_\_. Diagrams in biology. *The Knowledge Engineering Review*, 28, 3, p. 273. 2013.
- PURCHASE, H. C. Twelve years of diagrams research. *Journal of Visual Languages & Computing*, 25, 2, p. 57-75. 2014.
- REUTLINGER, A. The generalizations of biology: historical and contingent? In: KAISER, M. I.; SCHOLZ, O. R.; PLENCE, D. & HÜTTEMANN, A. (Ed.). *Explanation in the special sciences*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 131-53.
- SCHURZ, G. Evolutionary explanations and the role of mechanisms. In: KAISER, M. I.; SCHOLZ, O. R.; PLENCE, D. & HÜTTEMANN, A. (Ed.). *Explanation in the special sciences*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 155-70.
- SHEREDOS, B. et al. Why do biologists use so many diagrams? *Philosophy of Science*, 80, 5, p. 931-44. 2013.
- SHIN, S. J. *The logical status of diagrams*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- SKLAR, L. (Ed.). *Physical theory: method and interpretation*. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- SOBER, E. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science*, p. 458-67. 1997.
- SOLLFRANK, T. et al. 3D visualization of movements can amplify motor cortex activation during subsequent motor imagery. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, art. 463, p. 1-8. 2015.
- SOWA, J. F. *Knowledge representation: logical, philosophical, and computational foundations*. California: Brooks Cole, 2000.
- \_\_\_\_\_. Commentaries to MS 514 by Charles S. Peirce (c. 1909), 2002. Disponible en: <<http://www.jfsowa.com/peirce/ms514.htm>>. Acceso en: 26 Ago. 2016.
- \_\_\_\_\_. Cognitive architectures for conceptual structures. In: ANDREWS, S. et al. (Ed.). *Proceedings 19th International Conference on Conceptual Structures*. Heidelberg: Springer, 2011. p. 35-49.
- STJERNFELT, F. *Diagrammatology. An investigation on the borderlines of phenomenology, ontology, and semiotics*. Dordrecht: Springer, 2007. (Syntheses Library, v. 336).
- TABERY, J. C. Synthesizing activities and interactions in the concept of a mechanism. *Philosophy of Science*, 7, 1, p. 1-15. 2004.
- THAGARD, P. Computing coherence. In: GIERE, R. N. (Ed.). *Cognitive models of science*. Minnesota: University of Minnesota Press, 1992. p. 485-88. (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, v. 15).
- \_\_\_\_\_. *The brain and the meaning of life*. Princeton: Princeton University Press, 2010.
- TILES, J. E. Iconic thought and the scientific imagination. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, p. 161-78. 1988.
- TVERSKY, B. The cognitive design of tools of thought. *Review of Philosophy and Psychology*, 6, 1, p. 99-116. 2015.

## FLUJOS INFORMATIVOS, MECANISMOS Y MODELOS EN LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

- VAN FRAASSEN, B. C. On the extension of Beth's semantics of physical theories. *Philosophy of Science*, 37, p. 667-98. 1970.
- \_\_\_\_\_. *Laws and simetry*. Oxford: Clarendon Press, 1989.
- VAN MIL, M. H.; BOERWINKEL, D. J. & WAARLO, A. J. Modelling molecular mechanisms: a framework of scientific reasoning to construct molecular-level explanations for cellular behaviour. *Science & Education*, 22, 1, p. 93-118. 2013.
- WATSON, J. D. *Molecular biology of the gene*. New York: Benjamin Wims, 1965.
- WOODWARD, J. What is a mechanism? A counterfactual account. *Philosophy of Science*, 69, p. 366-77. 2002.
- \_\_\_\_\_. Scientific explanation. In: SKLAR, L. (Ed.). *Physical theory: method and interpretation*. Oxford: Oxford University Press, 2015. p. 9-39.
- ZENKER, F. & GÄRDENFORS, P. Communication, rationality, and conceptual changes in scientific theories. In: GÄRDENFORS, P. & ZENKER, F. (Ed.). *Applications of conceptual spaces*. Dordrecht: Springer, 2015. p. 259-77.





Representación prehispánica mesoamericana de las mazorcas de maíz. Disponible en: <[https://jornadabe.mx/sites/default/files/styles/660x440/public/images/screenshot\\_2015-11-28\\_at\\_15.10.23.png?itok=FUMtFwNb](https://jornadabe.mx/sites/default/files/styles/660x440/public/images/screenshot_2015-11-28_at_15.10.23.png?itok=FUMtFwNb)>.



# Teorías de la economía campesina en el Museo Nacional de Antropología de la ciudad de México

Diego MÉNDEZ



## RESUMEN

El artículo discute la pertinencia de la concepción semántica de las teorías científicas para el análisis de exhibiciones en museos de ciencia. El trabajo aborda el modo de presentar la economía campesina indígena en las salas etnográficas del Museo Nacional de Antropología de México (MNA), y reconstruye dicha conceptualización. El aparato reconstructor empleado recupera las distinciones del programa estructuralista, pero presenta la reconstrucción como un diagrama de la teoría de categorías, en lugar de un predicado conjuntista. El escrito propone un posible vínculo entre los contenidos del MNA y la teoría de Chayanov; concluye con una reflexión sobre las transformaciones estructurales que sufren las teorías científicas al pasar al ámbito de la divulgación.

**PALABRAS-CLAVE** • Modelo. Concepción semántica. Museo Nacional de Antropología. Economía campesina. Programa estructuralista.

## INTRODUCCIÓN

La idea de que una teoría científica se puede especificar mediante entidades no-lingüísticas interpretadas es un elemento común de las diversas escuelas filosóficas que pertenecen a la llamada “concepción semántica de las teorías científicas”. Tales entidades se corresponden con los modelos de la teoría en cuestión; guardan una relación semántica con ella, vía la interpretación, pero se pueden describir de muchas maneras sin necesariamente mediar un lenguaje privilegiado para ello (cf. van Fraassen, 1989, p. 189). Algunos autores (cf. Balzer *et al.* 1987; Díez & Moulines, 1999) han señalado que los modelos de una teoría son aquellas parcelas del mundo o sistemas empíricos que la realizan, esto es, que se comportan conforme a lo establecido por ella. Y puesto que tales parcelas o sistemas se pueden representar de múltiples maneras –diagramas explicativos, maquetas y animaciones, sistemas de ecuaciones matemáticas–, cabe pensar que estas representaciones también pueden fungir como modelos de la teoría

en cuestión. Incluso, cabría plantear lo mismo respecto a las múltiples descripciones que se pueden ofrecer de los artefactos recién mencionados, siempre y cuando se preserve el vínculo semántico entre la descripción del modelo y la teoría.<sup>1</sup>

En el presente trabajo se argumenta que el enfoque semanticista puede ser útil para dar cuenta de algunos aspectos de la divulgación científica en espacios educativos no-formales. El centro de interés concierne a los museos de ciencia: en tales espacios, determinadas configuraciones de objetos, cédulas informativas y dioramas bien pueden constituir modelos (en el sentido de artefactos representacionales) de determinadas teorías científicas. Y puesto que un modelo claro y *completo* de una teoría – con todas las distinciones de esta última – es algo de difícil obtención, convendría acotar que usualmente se trata de modelos que, en parte, realizan o manifiestan la estructura conceptual de determinadas teorías. Quizá el trabajo de Griesemer (1990) sea el antecedente más destacado de semejante perspectiva, a pesar de que hay mucho escrito sobre modelos en museos. Abundan informes de artefactos materiales, representativos de la estructura atómica del ADN por ejemplo, que figuran en las salas de tal o cual *science center*, y es obvio que dichas construcciones se elaboraron en atención a consideraciones teóricas de la biología molecular. Sin embargo, la conexión específica entre las concepciones semánticas de teorías y exposiciones museísticas no parece ser un tema muy difundido en la literatura filosófica ni en la literatura concerniente a la comprensión pública de la ciencia, la cual cuenta con un robusto apartado sobre museos. Griesemer abordó la cuestión tocante a modelos remanentes (especímenes de flora y fauna) en el Museo de Zoología de Vertebrados de Berkeley, California, y la teorización del cambio ambiental y evolutivo que elaboró Joseph Grinell, el director fundador de esa institución. El objetivo del presente artículo es revelar la presencia de modelos de la economía campesina en las salas etnográficas del Museo Nacional de Antropología, de la ciudad de México.

Conviene señalar dos matices a la postura que se sigue aquí. Si bien los museos científicos pretenden divulgar conocimientos especializados de una manera amena y accesible a los usuarios, no suele ser el caso de que, explícitamente, se le indique al visitante que aquello representado en el arreglo de cédulas, dioramas y objetos es un modelo de tal o cual teoría física, social, biológica etc., aun si en algún texto o dispositivo audiovisual se haga mención de ella. Más bien, el mensaje parece ser “esto es una representación de tal o cual realidad”. Por otra parte, cabe pensar que existen exhibiciones menos “teorizadas” – por decirlo de alguna manera – que otras, incluso hasta el grado que sólo se limitan a mostrar los objetos – con una muy breve información des-

<sup>1</sup> Weisberg (2013, p. 31-9) pone de relieve que los modelos admiten diversas descripciones: por ejemplo, un sistema de ecuaciones se puede describir mediante gráficos; una maqueta mediante un plano.

criptiva –, pero no pretenden explicarlos. Exposiciones arqueológicas, constituidas por piezas que han donado coleccionistas privados, quizá sean ejemplo palmario de esto último. Dado que la obtención privada de los artefactos muy probablemente haya pasado por cadenas de compra/venta cuyos orígenes se remontan al saqueo clandestino, identificar el contexto cultural de cada objeto, más allá de algunos rasgos superficiales, resulta sumamente difícil. Por ende, la exposición tendrá poco o nulo contenido teórico.

Hay un tercer matiz a considerar: bien puede ser el caso de que lo representado en el museo se corresponde con una interpretación ecléctica o *sui generis* del curador o guionista de la exhibición, quien se basa en diversas teorizaciones similares sobre un determinado asunto y plasma – con objetos, mamparas, esquemas y textos informativos – un modelo de esa conceptualización suya. Por razones que se desarrollarán líneas abajo, es pertinente contemplar dicha posibilidad al analizar lo que las salas etnográficas del MNA plantean acerca de la economía de los pueblos indígenas actuales de México.

A continuación, se procede, primero, a dar un panorama de lo expuesto en la sección etnográfica del museo, tocante a la economía. Puesto que unos salones tratan el asunto con mayor detalle que otros, se privilegian las salas “Pueblos Indígenas”, “Purepecherío” y “Oaxaca”, las cuales ofrecen la información más amplia y explícita del tema, aunque no está ausente de otros salones. Paso seguido se reconstruye la conceptualización con base en un aparato inspirado en el programa estructuralista de las teorías científicas (cf. Balzer *et al.*, 1987). Para ello es menester un preludio a la reconstrucción donde se explica el aparato empleado. Enseguida se discute el posible vínculo entre lo que el MNA pone de realce y la teoría del economista soviético, Alexandre Chayanov, sobre el campesinado. Finalmente, se concluye con una discusión sobre dinámicas teóricas en el ámbito de la divulgación.

## 1 ECONOMÍA CAMPESINA EN EL MUSEO

Es importante señalar que las salas del MNA no fueron montadas por el mismo equipo de trabajo: para la exposición de 1964 – cuando el museo abre sus puertas – el guion de cada sala estuvo a cargo de un asesor científico (arqueólogo o etnólogo, según si la sala en cuestión trataba de culturas prehispánicas o culturas actuales),<sup>2</sup> especializado en la cultura indígena que sería representada allí. El equipo de museógrafos interpretó el guion y planteó el modo de disponer las piezas y la configuración concreta del recinto,

<sup>2</sup> En la planta baja del MNA se ubican las exhibiciones arqueológicas, en el primer piso están dispuestas las salas etnográficas (ver <http://mna.inah.gob.mx>).

aunque tal interpretación se hizo en consulta permanente con el asesor científico y en deferencia a sus observaciones. Es con base en la interpretación museográfica que el encargado del proyecto arquitectónico (Pedro Ramírez Vázquez) trazó el plano de la obra. De cualquier manera, ya en la práctica, los arquitectos también mediaron en las reuniones entre asesores y museógrafos (cf. Ramírez, 2008). Una división del trabajo similar ocurrió con la re-estructuración del museo, en el segundo lustro de los años noventa y primero de los dos mil: los curadores de cada sala fueron quienes conceptualizaron y coordinaron la remodelación del recinto a su cargo (Sánchez, 2000). Cabe hacer esta advertencia pues es muy posible que el MNA en su conjunto albergue concepciones heterogéneas concernientes a cuestiones teóricas generales de las civilizaciones mesoamericanas o de los pueblos indígenas actuales. Es decir, que no sólo difieren las salas en la cultura que representan, sino en el acento teórico – por llamarlo de alguna manera – por el cual se inclina un curador u otro. También es menester subrayar los cambios, tanto conceptuales como físicos, que le ocurrieron a la exposición en su conjunto desde la apertura del Museo en 1964 hasta el presente, pasando por la gran re-estructuración que se efectuó a finales de los noventa y principios de los dos miles, así como las remodelaciones menores antes y después de dicha re-estructuración. Una relación exhaustiva de esto rebasa los límites del presente trabajo; de cualquier manera, merece señalarse que, si bien la arquitectura global del recinto se mantuvo, algunos objetos fueron añadidos y otros reemplazados; se actualizaron, desecharon y agregaron cédulas informativas en atención a nuevas interpretaciones sobre los materiales arqueológicos y etnográficos.

Debe señalarse que, en las salas etnográficas actuales, si bien se aborda la economía de tal o cual pueblo indígena y se muestran objetos y ofrecen cédulas informativas al respecto, no se menciona de manera explícita una teoría. De cualquier manera, quien realice una visita atenta a las salas del primer piso se queda con la impresión de que los pueblos indígenas de México son pueblos agrarios (al menos, la mayoría de los allí retratados, pues unos pocos de los representados no practican la agricultura, por ejemplo, los seris), aunque hay flujos migratorios a ciudades y al extranjero; su *economía tradicional* (el itálico indica que la expresión aparece en diversas cédulas informativas) se sustenta en el sistema de milpa – combinado con otros cultivos como hortalizas y frutales – y la producción de artesanías;<sup>3</sup> la *familia nuclear o grupo doméstico* es la base de la organización social de dichos pueblos. Diversos dioramas representativos de viviendas indígenas incluyen productos industriales (latas comerciales, grabadoras etc.) lo cual indica que la familia participa, aunque sea en poca medida, de una econo-

<sup>3</sup> La milpa es un agro-ecosistema del medio rural mexicano, compuesto principalmente por maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* spp.) y calabaza (*Cucurbita* spp.).

mía monetaria. De cualquier manera, llama la atención el uso de términos ambiguos, como el de “economía tradicional”. No parece que los planeadores de la actual exhibición se hayan preocupado mucho por explicar la frase; se antoja más una etiqueta para señalar que los indígenas, en sus comunidades originarias, no son proletarios (aunque sí pueden serlo cuando migran a ciudades nacionales y extranjeras) ni empresarios agrícolas. Son otra cosa, y se usa el término “tradicional” para dar cuenta de ella. Ahora bien, el uso de la locución no parece aludir a patrones culturales de antigua data que se mantienen invariantes de generación en generación, sino a un estilo de vida que preserva aspectos esenciales de la cosmovisión y el sustento con base en el cultivo de maíz, pero que a la vez es flexible y se puede amoldar al desarrollo político/económico y cultural de la sociedad mayor.

Las figuras 1 a 9 destacan objetos materiales de las salas “Pueblos indígenas”, “Pureecherío” y “Oaxaca”, que aluden a unidades domésticas (casa y gente que vive bajo un mismo techo) y producción agrícola/artesanal (aperos de labranza, cultivos, artesanías). “Pueblos indígenas” y “Pureecherío” albergan cédulas temáticas vistosas, tituladas “economía”; conviene reproducir unos fragmentos para mostrar la concepción que se les trasmite a los visitantes.

Las distintas culturas precolombinas se fincaron sobre la domesticación y el cultivo de las plantas que necesitaban para su consumo, especialmente el maíz. Además, con la ocupación de las tierras y aguas, aprovecharon los vegetales, los animales y los minerales disponibles. // La variedad de recursos y de formas de utilización cambió con la llegada de las culturas de ultramar. Con la introducción de cultivos, nuevas especies de animales, al lado de técnicas y herramientas diferentes y desconocidas, se formaron zonas mineras, de plantaciones, cerealeras y ganaderas. Asentados en torno a estas unidades económicas, los pueblos indios continuaban sembrando la diversidad de productos a que estaban acostumbrados y se adaptaban a los nuevos recursos disponibles. // Aun hoy, *la economía tradicional de los pueblos indios* se rige por el sistema de milpa, que incluye la siembra de maíz, frijol y calabaza principalmente, que con frecuencia se combina, en la misma parcela, con hortalizas, frutales u otros productos agrícolas. Los trabajos del cultivo en la milpa determinan el ciclo anual de las actividades complementarias de la propia localidad: recolección, caza, pesca, pequeño comercio y elaboración de artesanías. Asimismo, el ciclo de la milpa influye en los períodos de emigración, cuando las personas desempeñan distintas labores en centros de agricultura comercial y ciudades, dentro o fuera del país. (MNA. Sala “Pueblos indígenas”, cédula temática “Economía”. Las diagonales dobles, //, marcan punto y aparte; el itálico es mío.)



Figuras 1, 2 y 3. Aspectos de la sala Pueblos Indígenas.



Figuras 4, 5 y 6. Aspectos de la sala Pureecherío.



Figuras 7, 8 y 9. Aspectos de la sala Oaxaca.

La frase “economía tradicional” parece indicar un modo productivo que data de tiempos pre-hispánicos, pero ha persistido hasta el presente, y que articula toda una gama de actividades laborales en derredor a una clase de policultivo (la milpa), de manera que se genera una división jerárquica de tales actividades: las de primer orden, que se invierten directamente en la milpa, y las complementarias, que corresponden a la pesca, caza, elaboración de artesanías etc. Semejante “economía tradicional” ha coexistido y coexiste con otras formas económicas: minería y plantaciones españolas, industrialismo urbano y agricultura comercial actuales.

Por su parte, la cédula de la Sala “Puréecherío” afirma:

La base sobre la que se construye la cultura purépecha es *la economía tradicional*, aun cuando en términos de ingreso monetario sea menos redituable que la siembra de aguacate o el trabajo migratorio. // Entre las actividades económicas tradicionales sobresale la agricultura de milpa, pues alrededor de ella gira el resto de las ocupaciones. El calendario de cultivo del maíz marca los tiempos de trabajo y los tiempos de celebración del ritual religioso que debe observarse para tener una buena cosecha. // Junto con las tierras de cultivo se aprovechan otros recursos de la región: bosque de pino, encino y oyamel, pastizales, los lagos y sus riberas. // La elaboración de manufacturas de uso en el pruéecherio se transformó a partir de la década de 1920, cuando el Estado nacionalista promovió el rescate de los valores de las sociedades originarias y convirtió esta actividad tradicional en una altamente comercial con fines turísticos. // En los mercados y ferias los purépechas de distintas regiones intercambian sus productos, aunque esto es cada vez menos visible por la invasión de puestos con productos industriales. // La economía tradicional enfrenta serias dificultades y es insuficiente para satisfacer el nivel de vida al que los purépechas aspiran. Por ello, buscan entonces oportunidades fuera de la región. (MNA. Sala “Puréecherio”, cédula temática “Economía”. Las diagonales dobles, //, marcan punto y aparte. El itálico es mío).

Aunque no dista mucho de lo antes reproducido, aquí hay matices diferentes. La economía tradicional está amenazada, ya no satisface el nivel de vida al que aspiran los purépechas, la manufactura de uso se convirtió en una actividad altamente comercial, pero a la vez los productos de fabricación local ahora están siendo desplazados por productos industriales (cf. Rodríguez, 2000). Mientras que la cédula de la Sala “Pueblo indígenas” parece hacer hincapié en la resiliencia de la economía tradicional, aquí se deja entrever su ocaso.

No hay, en la Sala Oaxaca, una cédula con el título “economía”; no obstante, varios textos tocan el tema. Conviene citar en extenso aquél titulado “Los frutos de la tierra”:

El cultivo que asegura la vida de la comunidad india de Oaxaca es el maíz, asociado con el frijol, la calabaza y el chile, idealmente autosuficientes, al menos para el consumo de la unidad doméstica o familiar. Sin embargo, otros cultivos simultáneos, según la región, podría ser el café, la caña de azúcar, el arroz, el ajonjolí, el trigo, la cebada, el tabaco, el maguey, el cocotero y el limonero. // Se consideran también complementarias las actividades de explotación maderera, la recolección de fauna y frutos silvestres, la caza, la pesca – en ríos, mares y esteros – y la cría de algunos animales domésticos, como las gallinas, el guajolote, las cabras, los bovinos y los equinos; estos últimos, además, constituyen una ayuda en las labores agrícolas. // Otras ocupaciones que equilibran la *economía familiar* de la comunidad son la elaboración de objetos e instrumentos de trabajo o de uso doméstico, así como un amplio catálogo de artesanías (alfarería, textiles, bordados, cestería y muchos productos más), destinados todos a los mercados o tianguis locales, regionales y nacionales. // No obstante, las diversas alternativas que la comunidad indígena de Oaxaca emplea para su supervivencia, la presión demográfica sobre las escasas tierras y el mismo crecimiento poblacional, han acusado la demanda de trabajo asalariado y un proceso migratorio de los indígenas hacia los centros urbanos o a los grandes sembradíos comerciales del país, e incluso más allá de las fronteras, lugares donde ya conforman grupos significativos de población (MNA. Sala Oaxaca, cédula temática “Los frutos de la tierra”. Las diagonales dobles, //, marcan punto y aparte. El itálico es mío).

Igual que en las dos fichas anteriores, aquí se destaca la presencia del campesino/artesano. Nótese que la cédula pone el acento en la “economía familiar” más que en la “economía tradicional” y, además, plantea un claro vínculo entre la emigración y la proletarización de la población indígena, lo cual no es tan evidente en las dos fichas anteriores, aun si versan sobre la migración. Falta aquí caracterizar a la milpa como eje articulador de las demás actividades rituales y productivas, pero este punto se desarrolla en otra cédula, titulada “La residencia de origen”.

(...) El cultivo del complejo de la milpa ha representado el eje económico fundamental que caracteriza a la cultura indígena, y en torno a su ciclo productivo se organizan las actividades laborales, el ciclo de vida y el calendario ritual de la familia y de toda la sociedad comunitaria. // La comunidad indígena se particulariza además por hablarse en ella la variante de una lengua autóctona distintiva, una indumentaria original y una producción artesanal diversificada (...) (MNA. Sala Oaxaca, cédula temática “La residencia de origen”).

En aras de ahorrar espacio, en el Apéndice 1 se presentan pasajes relativos a la unidad doméstica, producción artesanal y pequeño comercio, y la emigración en las cédulas de las tres salas mencionadas. También se incluye un rubro sobre estrategias para defender la economía local (que está representado en la sala Oaxaca), así como uno concerniente a demás aspectos de la tradición o lo tradicional, que no hayan sido ya elaborados en los pasajes anteriores.

Lo expresado en el Apéndice, más las cédulas citadas anteriormente, no milita en contra de la idea de que los pueblos indígenas mexicanos (por los menos los purépechas michoacanos y los pueblos de Oaxaca, así como la panorámica de la cuestión indígena que ofrece la sala introductoria a la exposición etnográfica, la sala Pueblos indígenas) son pueblos agrarios (aunque hay flujos migratorios a las ciudades y al extranjero); su economía se finca en el sistema de milpa – combinado con otros cultivos como hortalizas y frutales – y la producción de artesanías; la familia nuclear o grupo doméstico es la unidad económica primaria y esencial, la cual se articula con otras unidades del mismo tipo para formar comunidad. Pone de relieve que las actividades económicas de dichos pueblos admiten relaciones comerciales, y en consecuencia no se trata de una economía natural (basada solamente en el autoconsumo). Y plantea un punto interesante adicional: las relaciones de producción e intercambio capitalista se ciernen sobre las comunidades indígenas y éstas responden enviando fuerza de trabajo a centros industriales y agrícolas comerciales, tanto nacionales como extranjeros, para obtener ingresos que reditúan a dichas comunidades. La emigración no se describe como una expulsión del lugar de origen, como un rompimiento de lazos con familiares y vecinos, sino como una extensión de la comunidad originaria. Lo que el Apéndice y las cédulas antes citadas no destacan es la polarización socio-económica al interior de las comarcas y poblados indígenas. No hay, por ejemplo, mención específica de que la unidad productiva familiar pueda contratar mano de obra, y aquí la omisión no es casual, se antoja más una caracterización: los indígenas son campesinos/ artesanos, pueden llegar a proletarizarse (y no es claro en la exhibición si este posible llegar a ser es permanente u ocasional; más bien parece lo segundo), pero no son el equivalente de lo que suele denotar la voz anglosajona de *farmer*. En otras palabras, no son capitalistas, y si bien se admite que pueden llegar a proletarizarse, no parece ser el tenor de la exhibición concebirlos – en términos generales – como proletarios con pequeñas parcelas de tierra, terrenos cuyos productos suplementan el salario. La proletarización que menciona el MNA está vinculada con la salida de la comunidad de origen y puede interpretarse bien como un cambio de filiación clasista permanente que afecta a algunos indígenas, o bien como un cambio ocasional, reversible, dentro de un ciclo de vida que es mayoritariamente campesino.

Entonces si la producción agrícola/artesanal no está subordinada a una lógica de la ganancia, ¿qué lógica sigue? La unidad doméstica tiene el objetivo de satisfacer la demanda de sus integrantes y, con base en saberes y creencias tradicionales, hace una proyección de cuáles actividades sería menester realizar para satisfacer esa demanda, sea que los frutos de este trabajo se consuman directamente o se intercambien (truequen o vendan) para conseguir aquellos bienes que requiere la familia. Ahora bien, determinar cuáles labores realizar para satisfacer las necesidades familiares supone evaluar opciones – quizá no muchas, pero opciones al fin – e identificar aquellas que mejor cumplan con los propósitos trazados. Nada de esto se explicita en las salas etnográficas, pero no es descabellado señalar que está implícito. De hecho, las exposiciones sí ponen de relieve que los indígenas pueden realizar diversas actividades agropecuarias y de extracción de recursos naturales silvestres de su entorno. El MNA, mediante objetos, dioramas y cédulas, brinda al visitante una descripción empírica de la producción agrícola/artesanal indígena, pero la inclusión de los implícitos señalados – los cuales asimila el visitante atento prácticamente de manera inconsciente, sin mayor esfuerzo cognitivo – configura una teorización de la economía tradicional, a saber: las unidades domésticas realizan tales o cuales labores agrícolas/artesanales porque son las que consideran óptimas – dadas las circunstancias de dichas unidades – para satisfacer las necesidades de sus respectivas familias.

## 2 RECONSTRUCCIÓN DE LA ECONOMÍA CAMPESINA EN EL MNA

Al inicio del presente escrito se alude a la concepción semántica de las teorías científicas y se asevera que lo aquí expuesto se inspira en ciertos lineamientos comunes de las escuelas que configuran esta corriente filosófica. El principio más destacado entre los semanticistas es que identificar una teoría es identificar la familia de sus modelos. Aprovechar esta máxima con el objetivo anunciado arriba implica un problema: elaborar una analogía convincente de tal suerte que la conceptualización que se deja entrever en los salones del MNA, respecto de la economía indígena, es “como si fuera una teoría” y las configuraciones de enseres alusivos a cuestiones económicas, que figuran en dichas salas, son como si fueran modelos de esa conceptualización.

La documentación del MNA sobre su propia historia, que está disponible al público, no permite identificar con absoluta certeza las teorías agrarias que inspiran los contenidos de las exposiciones etnográficas. Hay afinidades notables con la tesis del investigador soviético, Alexandre Chayanov, sobre el campesinado (y de esto se hablará más adelante), pero no hay menciones explícitas al respecto, ni tampoco una identidad evidente. De cualquier manera, se antoja pensar que sí existe uno o varios refe-

rentes teóricos – probablemente simplificados y emborronados en aras de la didáctica –, de modo que la analogía se sostiene y la conceptuación antes señalada puede someterse al análisis meta-científico.

## 2.1 ATENCIÓN A DISTINCIÓNES DEL PROGRAMA ESTRUCTURALISTA

Cómo ya se indicó en la introducción, el presente trabajo se inspira en el programa estructuralista de la ciencia, por lo cual es menester reseñar algunos de sus lineamientos más destacados. Según el estructuralismo, una teoría científica es una estructura conceptual abstracta que, vía interpretaciones admisibles, se instancia en uno o varios sistemas que son objeto de estudio de una comunidad científica, en tanto que esos sistemas interpretados se comportan como lo estipula la teoría en cuestión: constituyen, por tanto, la familia de sus modelos. Se podría extender el razonamiento a las múltiples representaciones –vía diagramas, maquetas, ecuaciones matemáticas etc.– de las “parcela del mundo” donde se instancia la teoría en cuestión, es decir, también son modelos suyos. El programa estructuralista indica que le corresponde a una teoría T una ley fundamental, ley que establece cómo se articula la arquitectura conceptual de dicha teoría. Así, el armazón de T se puede entender como si estuviera compuesto de dos porciones: una cuyos componentes y relaciones se pueden determinar sin apelar a la ley fundamental de T, y la otra constituida por entidades y relaciones que se determinan solamente con base en la ley fundamental de T, o bien se derivan lógicamente de aquellas determinadas por tal ley. La primera porción se denomina T no-teórica, y su estructura se instancia en los sistemas de los que podría versar T (bajo una determinada interpretación), sin apelar a los términos que T introduce a la ciencia. Esto es, se corresponde con modelos potenciales y parciales de T. La segunda porción es T-teórica, en tanto que su estructura se corresponde con el aparato de conceptos teóricos propios de T, esto es, los que ella sí introduce a la ciencia. Esto es un punto importante, pues el estructuralismo plantea que un término es teórico relativo a una teoría, no es teórico en general o de manera absoluta. De aquí se deriva la posibilidad de que la porción T no-teórica se componga de entidades y relaciones cargadas de teoría, pero no de la teoría T. Aunque es tentador explicar la parte T no-teórica como aquella subestructura conceptual de T que se instancia en los sistemas empíricos que podrían subordinarse a dicha teoría, puede ser el caso que la parte T no-teórica se corresponde con la estructura de otra teoría y no con una clase de sistemas empíricos. De cualquier manera, semejante organización “modular” de T tendría que llegar a un punto donde una subestructura de la porción T-no teórica se instanciará en algún sistema empírico, de no ser así T no sería una teoría científica.

Ahora bien, no todas las distinciones del Programa se van a desarrollar aquí. En primer lugar, habrá que ser indulgentes con atribuirle una ley fundamental y una distinción entre porciones no-teóricas y teóricas a la conceptuación que aquí se presenta como análogo de teoría (esto es, la conceptuación de la economía indígena que se deja entrever en el MNA). De cualquier manera, como se verá más adelante, si cabe atribuirle un armazón conceptual dotado de un principio organizador, y sí se puede identificar una porción del ensamblaje que la museografía hace explícita y cumple el rol de *explanandum*, y otra que sólo está implícita pero adopta el papel de *explanans*.

Por otra parte, el modo de reconstrucción que aquí se ensaya difiere del que emplean los estructuralistas. A grandes rasgos, ellos describen la estructura conceptual de cualquier modelo de una teoría científica determinada mediante un tuplo de dominios (conjuntos), funciones y relaciones, seguido de un listado de tipificaciones para cada componente del tuplo, y a continuación brindan una interpretación general de cada uno de ellos. Este proceder lo denominan “definición mediante la introducción de un predicado conjuntista” (cf. Balzer *et al.*, 1987; Diéz & Moulines, 1999). El presente texto describe la estructura conceptual de los modelos de interés mediante diagramas de la teoría de categorías (con especial hincapié en la categoría de los conjuntos). Desde esta perspectiva, una categoría está determinada por los siguientes aspectos:

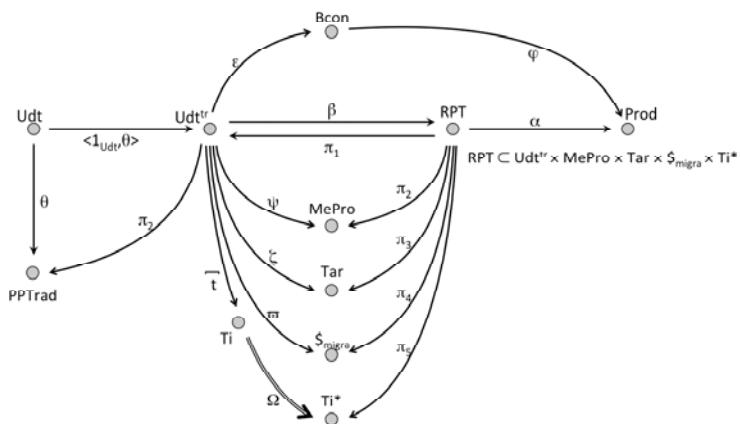
- (1) Una colección de objetos.
- (2) Una colección de flechas (también llamadas morfismos o mapas), de modo que a cada saeta  $f$  le corresponde un objeto de origen, denominado el dominio de  $f$  ( $dom f$ ), y un objeto destino – el codominio de  $f$  ( $cod f$ ) –, usualmente se escribe  $f : A \rightarrow B$  o bien  $A \xrightarrow{f} B$  para indicar que  $A$  es el dominio de  $f$  y  $B$  es su codominio.
- (3) Un operador de composición ( $\circ$ ) que a cada par de flechas  $g, f$ , donde  $cod f = dom g$ , le asigna una flecha compuesta  $g \circ f$  (la notación indica que se aplica primero  $f$  y después se aplica  $g$ ; este operador satisface la siguiente ley asociativa: para cualesquiera tres flechas  $A \xrightarrow{f} B$ ,  $B \xrightarrow{g} C$  y  $C \xrightarrow{h} D$  sucede que:  $h \circ (g \circ f) = (h \circ g) \circ f$ .
- (4) Para cada objeto  $A$ , una flecha de identidad  $A \xrightarrow{I_A} A$  que cumple con el siguiente principio: para cualquier flecha  $A \xrightarrow{f} B$ ,  $I_B \circ f = f$  y  $f \circ I_A = f$ .

La reconstrucción que se elabora (ver abajo) toma la forma de un diagrama de puntos y flechas, donde los primeros aluden a conjuntos y las segundas a funciones o

relaciones.<sup>4</sup> Cada esquema se acompañará de una leyenda explicativa al calce, que suministra la interpretación en términos generales.<sup>5</sup> Este aparato reconstructor preserva las demás distinciones del programa estructuralista, y ya se ha ensayado en varios trabajos previos (cf. Méndez & Casanueva, 2012; Casanueva & Méndez, 2008, 2010, 2012).

## 2.2 RECONSTRUCCIÓN DE LA CONCEPCIÓN DE LA ECONOMÍA CAMPESINA INDÍGENA EN SALAS ETNOGRÁFICAS DEL MNA (CECIMNA)

En la figura 10 se muestra el esquema, designado con las siglas Cecimna (Concepción de la economía campesina indígena en el Museo Nacional de Antropología), correspondiente a la conceptuación sobre la cuestión económica en el medio indígena, que figura en la exposición etnográfica del MNA, por lo menos en los salones “Pueblos Indígenas”, “Pureecherío” y “Oaxaca”. En aras de ahorrar espacio, la explicación del diagrama primero da cuenta de los nodos y luego de las flechas, sigue entonces unas aclaraciones respecto de algunas interacciones nodo/flecha que aún no son del todo evidentes y, finalmente, se explica el principio o “ley fundamental” que articula la estructura.



**Figura 10. Reconstrucción de la Conceptuación de la Economía Campesina Indígena en el MNA (Cecimna).**

4 Puesto que las teorías (o un modelo de una teoría) articulan conceptos y relaciones entre conceptos, los grafos que se desprenden del aparato reseñado dan lugar a diagramas conectados, sin flechas o nodos libres o aislados. Por otra parte, una parte de la estructura (o un subdiagrama, si se quiere) ataña a conceptos y relaciones indicativas de los sistemas empíricos que la teoría explica o subordina, y otra región del esquema pone de relieve los conceptos y relaciones que la teoría introduce para explicar tales sistemas. De este modo, el arreglo completo conjunta una base de datos (aquel que se quiere explicar) con un dispositivo explicador; o si se quiere, el esquema presenta una dualidad infraestructura/supraestructura.

<sup>5</sup> Para una introducción a la teoría de categorías, consultese Lawvere y Schanuel (2002). Ehresmann y Vanbremersch (2007), además de brindar una exposición didáctica y amena de la teoría de categorías, ofrecen una aplicación muy interesante, pues la utilizan para modelizar sistemas cognitivos y evolutivos.

## 2.2.1 NODOS DE CECIMNA

**Udt** es el conjunto de unidades domésticas campesinas, de una determinada comarca  $X$ , en el ciclo productivo o temporada agrícola/artesanal  $t$ . **PPTrad** es un conjunto de conjuntos de preceptos y prácticas tradicionales. **Udttr** es un conjunto de pares  $\langle x, w \rangle$ , donde  $x$  es una unidad doméstica de **Udt** y  $w$  es el conjunto de preceptos y prácticas tradicionales a los que se suscribe  $x$  (**Udt** y **Udttr** son isomorfos). **MePro** es un conjunto de conjuntos de medios de producción agrícolas/artesanales (terrenos cultivables, semillas, instrumentos agrícolas, animales de tiro, instrumentos para la producción artesanal, materias primas para la elaboración de artesanías etc.). Como primera aproximación, cada integrante de **MePro** se corresponde con una colección de medios de producción que puede emplear alguna unidad doméstica, pero es importante destacar que la unidad no necesariamente utiliza todos los medios a su alcance, puede hacer usufructo de sólo unos cuantos y dejar el resto en reserva o en descanso. Por tanto, es posible que más de un conjunto de **MePro** se corresponda con la misma unidad familiar. Se plantean así las cosas porque un aspecto importante de Cecimna, – aun si las salas etnográficas no lo hacen explícito –, es que en vísperas de la temporada agrícola el jefe de familia o quienes toman decisiones en la unidad doméstica evalúan diversas opciones de planes de trabajo que tienen a su alcance. La tradición influye de manera destacada en este proceso, y por ello es menester tomarla en cuenta (por eso la reconstrucción incluye **Udttr**). Así como **MePro** es un conjunto de conjuntos, **Tar** también lo es, pero de tareas agrícolas/artesanales: por ejemplo, desyerbar tal área de tal terreno sembrado con tal cultivo o moldear tal vasija con tal forma usando tal cantidad de barro de tal calidad. **Ti** es un conjunto de intervalos temporales: el correspondiente a toda la temporada,  $t$ , está incluido y todos los demás son sub-intervalos de aquél. **Ti\*** es el conjunto potencia de **Ti** (es decir, el conjunto de todos los subconjuntos de **Ti**). **\$migra** es un conjunto de cantidades monetarias derivadas del trabajo asalariado, generalmente (pero no siempre) realizado en centros urbanos fuera de la comunidad de origen. Cabría entender **Smigra** como un conjunto de remesas. Ahora bien, el conjunto incluye la cantidad de o para los casos en los cuales no se realiza ningún trabajo pagado fuera del entorno familiar.

**RTP** es un conjunto de series o tuplos de posibles regímenes de trabajo que podrían aplicar las unidades domésticas campesinas en la comarca  $X$  durante la temporada  $t$ . Cada integrante de **RTP** consta de cinco componentes: una unidad doméstica (con su respectiva cosmovisión); un conjunto de medios de producción, colección que está al alcance de la respectiva unidad doméstica; un conjunto de tareas agrícolas/artesanales; un conjunto de intervalos temporales y una cantidad monetaria proveniente del trabajo asalariado realizado fuera del ámbito de la unidad doméstica. Cada tuplo

se corresponde, entonces, con una situación donde la unidad doméstica aplica determinados medios de producción para realizar determinadas labores agrícolas/artesanales en determinados tiempos y, además, recibe un ingreso monetario por las remesas que envían integrantes del grupo familiar que han salido a buscar trabajo (claro que, si no hay envío de remesas, este ingreso es de 0). Nótese que una misma unidad doméstica puede figurar en varias series de RIP, pues éstas se corresponden con posibilidades que están a su alcance, en vísperas de la temporada  $t$ . **Prod** es un conjunto de pares, donde el primer miembro de cada dupla es un conjunto de productos agropecuarios y artesanías, y el segundo se corresponde con una cantidad monetaria por envío de remesas. Finalmente, **Bcon** es un conjunto de conjuntos de bienes concebibles, deseables y plausiblemente obtenibles, que los dirigentes de las unidades domésticas pretenden conseguir para satisfacer la demanda familiar, mantener en buen estado los medios de producción y cumplir con las obligaciones comunitarias. Cabe señalar que los integrantes de **Bcon** son colecciones de cosas imaginadas o conceptuadas, no de bienes concretos.

#### 2.2.2 FLECHAS DE CECIMNA

$\theta(x) = y$  significa que la unidad doméstica  $x$  se suscribe al conjunto de preceptos y prácticas tradicionales  $y$ .  $\langle i_{\text{Udt}}, \theta \rangle(x) = \langle x, y \rangle$  transforma la unidad doméstica  $x$  en la unidad doméstica  $x$  que se suscribe al conjunto de preceptos y prácticas tradicionales  $y$ .  $\psi$  no es un morfismo, es una relación (un morfismo es unívoco por el lado del dominio, pero no es así con una relación: un elemento del dominio puede estar vinculado con varios elementos del codominio). De hecho, una relación entre dos conjuntos es un subconjunto del producto cartesiano de esos dos, pero también se puede representar como un segmento sin punta de flecha entre ambos. En este caso, la notación utilizada es  $\langle x, y \rangle \psi z$ , lo cual significa que la unidad doméstica  $x$ , que se suscribe al conjunto de preceptos y prácticas tradicionales  $y$ , está vinculada con el conjunto de medios de producción  $z$ , en tanto que esos medios están a su alcance y puede disponer de ellos.  $\zeta$  también es una relación, por lo cual  $\langle x, y \rangle \zeta w$  significa que la unidad doméstica  $x$  (con su cosmovisión) está en posibilidad de realizar el conjunto de tareas  $w$ . Por su parte,  $\langle x, y \rangle \varpi u$  pone de realce que esa unidad (con sus preceptos y prácticas tradicionales) podría recibir la cantidad monetaria  $u$ , por vía de remesas. Dejar el asunto en términos condicionales quizás se antoja extraño, pues deben operar muchas contingencias para que la unidad reciba dinero por esta vía. No obstante, la familia puede acordar cuántos de sus miembros deben ir a trabajar por un salario; puede imaginar en qué clase de labores se involucren los enviados y hacer una estimación plausible de cuánto paga. A pesar de las incertidumbres, sí está en condiciones de controlar par-

cialmente cuánto ingreso le puede venir por el lado de las remesas. La flecha  $t$  con “sombbrero” ubica a todas las unidades domésticas en la temporada  $t$ ; esta notación la emplean Lawvere y Schanuel (2002: 347) para indicar que todos los elementos del dominio van al mismo elemento del codominio, es decir, van a  $t$ .  $\Omega$  es una asignación específica del functor (morfismo entre categorías) cuyo dominio es la categoría de conjuntos y cuyo codominio es la categoría de los conjuntos potencias (si  $Q$  es un conjunto, el potencia de  $Q$  es el conjunto de todos los subconjuntos de  $Q$ ). El functor en cuestión convierte a  $\mathbf{T}i$  en el potencia de  $\mathbf{T}i$  (que en el diagrama se representa como  $\mathbf{T}i^*$ ); pero este functor convierte a todo conjunto en su potencia, por tanto,  $\Omega$  se limita a la asignación específica que concierne a  $\mathbf{T}i$  y  $\mathbf{T}i^*$ . Todas las flechas con el símbolo  $\pi$  son proyecciones.

$\alpha(\langle\langle x, y \rangle, U, W, T, m \rangle) = \langle P, m \rangle$  significa que si la unidad doméstica  $x$  (que se suscribe a las creencias y prácticas tradicionales  $y$ ) aplica el conjunto de medios de producción  $U$  al conjuntos de tareas  $W$ , durante los intervalos temporales que conforman al conjunto  $T$  y, además, recibe la cantidad  $m$  de dinero vía remesas, produce el conjunto de bienes agropecuarios y artesanales  $P$ , que complementa a la ya mencionada cantidad  $m$ .  $\beta(\langle x, y \rangle) = \langle\langle x, y \rangle, U, W, T, m \rangle$  significa que de las diversas opciones a su alcance en vísperas de la temporada  $t$ , la unidad doméstica  $x$  (que se suscribe a las creencias y prácticas tradicionales  $y$ ) efectivamente realiza el régimen de trabajo que involucra, respectivamente, los conjuntos de medios de producción, tareas y temporalidades  $U$ ,  $W$  y  $T$ , y efectivamente recibe una remesa cuyo monto es  $m$ .  $\varepsilon(\langle x, y \rangle) = A$ , indica que la unidad doméstica  $x$  (con sus cánones tradicionales, esto es la unidad  $\langle x, y \rangle$ ) ha determinado, en vísperas de la temporada  $t$ , que  $A$  es el conjunto óptimo de bienes que mejor satisface la demanda familiar, el mantenimiento de los medios de producción y el cumplimiento de obligaciones comunitarias, y que  $\langle x, y \rangle$  está en condiciones de conseguir y se propone hacerlo.  $\varphi$  es una relación de satisfacción tal que si  $\langle P, m \rangle \varphi A$  entonces el conjunto de productos agrícolas/artesanales  $P$  y el monto de dinero  $m$  se pueden transformar en un conjunto de bienes concretos que se corresponde en tipo con el conjunto conceptuado  $A$ . Por ejemplo, si el jefe de familia proyecta que sus hijos necesitan tantas prendas de vestir y tantas unidades de alimento que él no produce, puede vender o trocar parte de su producción agro-artesanal y emplear parte de su ingreso por remesas para conseguir los ítems concretos de esas cosas que había concebido como necesarias.

### 2.2.3 ACLARACIONES

Se ha procedido a reconstruir una conceptualización sobre economía campesina indígena, que se deja entrever en las salas etnográficas del MNA (al menos en las tres men-

cionadas arriba), con un aparato diseñado para elucidar estructuras conceptuales de teorías científicas. Por tanto, el ejercicio reconstructor debe ser contemplado con cierta indulgencia. Ahora bien, si se trata a Cecimna como si fuese una teoría, entonces el aparato “Cecimna-teórico” parecería estar cifrado en el morfismo  $\varepsilon$ , el nodo **Bcon** y la relación  $\varphi$ . El resto de la estructura se corresponde con observaciones etnográficas sobre las tradiciones, el modo de vida, prácticas e instrumentos de la producción agropecuaria y artesanal, pero no sobre la lógica de las decisiones que los campesinos toman para realizar tales operaciones productivas. De esto último dan cuenta  $\varepsilon$ , **Bcon** y  $\varphi$ , más un principio que articula el ensamble de morfismos y nodos que configuran a la figura 4, aquello que los estructuralistas denominan la ley fundamental, cuya expresión es la siguiente:

$$[\varepsilon(\langle x, y \rangle)] \varphi [\alpha \circ \beta(\langle x, y \rangle)].$$

Dicho en palabras más llanas, la unidad doméstica  $\langle x, y \rangle$  (esto es, el o los jefes de ella y las tradiciones a las cuales se suscriben) escoge – entre varias opciones – el régimen de trabajo que mejor satisfaga lo que dicha unidad ha proyectado o concebido son la demanda familiar, los requerimientos para mantener en buen estado los medios de producción y los recursos para cumplir con las obligaciones comunitarias.

La figura 4 y la explicación respectiva parecen incluir más de lo que está presente en las salas del primer piso del MNA, pues en ellas no está de manifiesto con toda nitidez que los agricultores/artesanos indígenas evalúan planes de trabajo para el ciclo productivo que se avecina y acuerdan el que mejor convenga. Y tampoco se enfatiza que esa decisión sobre el plan a seguir se correlaciona con el pronóstico que hacen los campesinos respecto de los bienes que van a consumir sus familias y de los enseres que se requerirán para mantener las operaciones productivas de sus dominios. A fin de cuentas, lo que la figura 4 y su interpretación establecen para  $\varepsilon$ , **Bcon**,  $\beta$ , **RTP** y  $\varphi$  no está explicitado en las salas. Sin embargo, está implícito: hasta se podría argumentar que es tan obvio que no merece mayor espacio en la exposición museística, sobre todo si la economía familiar es sólo un aspecto de la vida de los pueblos indígenas actuales que se pretende mostrar.

### 3 CHAYANOV COMO POSIBLE FUENTE DE LA REPRESENTACIÓN DE ECONOMÍA CAMPESINA EN EL MNA

¿Podría la teoría de Chayanov ser la fuente de inspiración, en lo que toca a economía campesina, de las salas etnográficas del MNA. La idea no es descartable, dado que el

chayanovismo sí tuvo un impacto importante en la antropología mexicana a partir de los años sesenta del siglo pasado, y ciertos arreglos en las salas son muy indicativos de aspectos importantes de dicha teoría. Ciertamente, es muy discutible si había chayanovistas mexicanos en 1964, cuando se inauguró el museo, pero sí los hubo unos pocos años después, cuando la obra del ruso fue accesible a investigadores nacionales, gracias a la traducción, primero al inglés y luego al español, y ya para finales de la década de los noventa y principios de la del dos mil – cuando el museo y su sección etnográfica sufre una remodelación significativa –, la propuesta de Chayanov ya era bien conocida por la antropología mexicana. En lo que sigue, se abundará primero en los lineamientos generales de esta teoría y luego se tocarán algunos aspectos de su introducción en el ámbito académico mexicano.

Chayanov (1986a y b) pretende dar respuesta a la pregunta: ¿por qué los campesinos toman las decisiones que toman respecto a la distribución del trabajo, de ellos y sus familiares, en sus explotaciones agrícolas, ganaderas y artesanales? Se interroga también, ¿por qué estas decisiones no siguen una lógica capitalista? Establece que el objetivo principal de la granja familiar campesina es satisfacer la demanda de sus integrantes, no acumular capital para expandir sus operaciones. Esto se debe, en buena medida, a las nulas (o casi nulas) posibilidades de contratar mano de obra asalariada. Satisfacer la demanda de la familia incluye, por supuesto, cubrir los gastos para reposar los medios de producción y cumplir con obligaciones comunitarias. El campesino, según Chayanov, se explota así mismo (y a su familia) hasta el punto en que un mayor desempeño laboral no influye ya, o un tiene un efecto despreciable, en la satisfacción de la demanda marginal de su familia. Al respecto, el investigador introduce una noción peculiar: la percepción de la laboriosidad del trabajo marginal. Una vez logrado un nivel de satisfacción, cualquier gasto mayor de energía requiere un esfuerzo de voluntad. A mayor cantidad de trabajo realizado por un sujeto en un intervalo de tiempo definido, mayor será para el sujeto la laboriosidad de las últimas (marginales) unidades de trabajo invertido (cf. Chayanov, 1986b, p. 81).

El asunto, entonces, se resume en lo siguiente: quienes toman decisiones en la unidad doméstica acuerdan trabajar lo necesario hasta conseguir un nivel adecuado de satisfacción de la demanda familiar; cualquier esfuerzo adicional que rebase este punto implica una laboriosidad excesiva e inaceptable. Por supuesto, semejante momento de equilibrio puede variar, a la sazón de múltiples contingencias externas, naturales/sociales, que afectan a la familia campesina; sin embargo, Chayanov hace hincapié en un factor sobresaliente: la proporción de consumidores versus productores al interior de la familia, fracción determinada por la distribución de edades en el seno del grupo. Entre mayor sea esta razón, mayor es la cantidad de trabajo que los productores están dispuestos a realizar.

### 3.1 CHAYANOV EN MÉXICO

Alcántara (1984, p. 85) afirma que para la década de los cincuenta del siglo pasado surgía entre los antropólogos neo-evolucionistas el concepto de “modo de producción doméstico” que ubica a los campesinos como productores de las condiciones de su modo de vida mediante un tipo de organización económica donde la unidad doméstica administra capacidades y recursos para generar los productos que requería, y a la vez constituía la instancia que distribuía y consumía la mayoría de los bienes así producidos. Destacados partidarios del enfoque fueron Eric Wolf, en la Universidad de Columbia, y Ángel Palerm en México, quienes sintieron una gran afinidad con la teoría de Chayanov, una vez que la obra del ruso fue traducida al inglés en 1966. Poco tiempo después, Palerm impartió un curso en la ENAH donde sus estudiantes leían a Steward (la figura fundadora de la escuela neo-evolucionista), Wolf (1982), Márquez y Chayanov (cf. Peña, 2008).

Sin embargo, durante buena parte de la década de los sesenta los estudios etnológicos tocantes a comunidades rurales e indígenas mexicanas estuvieron dominados por el particularismo boasiano, el funcionalismo, el indigenismo y un marxismo dogmático que preconizaba la polarización de las masas rurales y la proletarización inminente y a corto plazo de la gran mayoría de ellas. No fueron muy receptivos a la idea de una economía campesina que siguiera una lógica no-capitalista. Palerm vivió especiales dificultades en México al confrontar tanto a particularistas boasianos y funcionalista, por un lado, y a marxistas dogmáticos, por otro lado. En 1968 abandonó la ENAH y se fue a la Universidad Iberoamericana, donde podía estructurar un programa en consonancia con su postura teórica (cf. Alcántara, 1984, p. 93-5). De cualquier manera, recientemente Andrés Fábregas (cf. Olivos & Cuadriello, 2012) ha señalado que a partir de los setentas el acople entre neo-evolucionismo (evolucionismo multilineal, lo llama Fábregas) y la teoría de Chayanov cobra una presencia destacada en la antropología mexicana; prueba de ello es el “boom” de tesis que se escriben con tal referente, tanto en la UIA como en la ENAH, durante esa década.

Ahora bien, semejante síntesis teórica y su incorporación al medio disciplinar dio pie, no sólo en México, a una controversia científica entre los llamados campesinistas y descampesinistas, que ocupó buena parte de los años setenta y ochenta. Dicha polémica realmente merece un análisis filosófico, pero esto rebasa el presente trabajo. Basta señalar que, a grandes rasgos, el primer grupo de contendientes (Arturo Warman fue un representante destacado) se suscribía, en mayor o menor grado, a las tesis de Alexandre Vasiliovich, mientras que el segundo adoptaba una postura leninista, la cual postula la diferenciación interna de la población rural en polos clasistas burguesía/proletariado. Semejante descripción, por supuesto, es simplista: al calor de la discusión surgieron posturas que exploraron tender puentes entre los dos campos

(Cortés y Cuellar, 1986); reflexionaron sobre la complejidad de la diferenciación leninista y sugirieron sujetos sociales transitorios como el semi-proletariado agrícola que podía tener puntos en común con el campesinado chayanovista (cf. Paré, 1991); o bien criticaron el esencialismo campesinista de Chayanov, pero intentaron refinar las tesis del ruso proponiendo esquemas como el modo de producción mercantilista simple, que podía operar dentro de un capitalismo subdesarrollado (cf. Bartra, 1976).<sup>6</sup>

Se antoja que todo lo dicho en esta sección alude a un tiempo muy remoto, a un ciclo ya pasado, dadas la reforma al artículo 27 constitucional en 1992, el levantamiento zapatista de 1994 y todo lo que ha acontecido desde entonces hasta ahora. Sin embargo, Brass (2000, 2003) sostiene que justamente la irrupción del EZLN en la escena nacional le ha dado nuevos bríos a la teoría de Chayanov en medios académicos, pero ahora enmarcada en un cuadro subalterno o posmoderno.<sup>7</sup> Más allá del acuerdo o desacuerdo con Brass, el asunto a destacar es que las polémicas de los años setenta y ochenta, así como el “chayanovismo posmoderno”, seguramente tuvieron influencia en las concepciones de los curadores que participaron en la re-estructuración de las salas etnográficas del MNA, a finales de los noventa y principios de los dos mil. De hecho, las ideas de Alexandre Vasiliovich se siguen enseñando hoy en las carreras de antropología y sociología rural, y se siguen escribiendo tesis de licenciatura y posgrado que aluden a ellas.<sup>8</sup>

## CONCLUSIONES

Se antoja absurdo hablar de Cecimna como si fuera una teoría científica que se reproduce en libros de texto y artículos especializados. No es el objetivo del MNA inducir a sus visitantes en la reflexión teórica acerca de la condición indígena en el México actual, sino mostrar algunos aspectos importantes de la vida de los pueblos autóctonos contemporáneos y sensibilizar al público sobre estas cuestiones. Pero, en los términos más simplistas, montar la exhibición ha pasado por las interpretaciones que los curadores o guionistas científicos han hecho de la realidad indígena y las representaciones que han elaborado los museógrafos de tales interpretaciones. A esto habría que sumar toda una serie de compromisos políticos que han debido observar las diversas direcciones del Museo, las apreciaciones que se han tenido del público visitante y del mejor

<sup>6</sup> Calva (1988), desde una perspectiva marxista no-chayanovista – incluso, fuera del ámbito de la antropología – hace un recuento crítico de las elaboraciones teóricas que surgieron al calor de la controversia campesinistas versus descampesinistas.

<sup>7</sup> Dicho sea de paso, Brass es un marxista clásico, muy crítico de los estudios posmodernos y subalternos.

<sup>8</sup> Un manifiesto actual y explicitamente chayanoviano es el de Ploeg (2014).

modo de brindarle servicio, y toda una gama de otros factores. El punto a destacar es que todas estas consideraciones han precipitado en conceptuaciones – concretizadas en objetos, dioramas, cédulas, videos etc. – sobre múltiples aspectos de la vida de las comunidades autóctonas. Y tales conceptuaciones se pueden detectar y reconstruir; sin duda, con modulaciones conceptuales que introduce el mismo reconstructor y su aparato. El presente trabajo pide licencia para tratar lo expuesto en el MNA sobre economía campesina como si fuera una teoría

Cecimna plantea que el grupo familiar (el jefe de familia o los adultos que toman decisiones) anticipa o fija la demanda del grupo que es plausible atender. Al respecto, da cabida a que este punto sea flexible, según las circunstancias de cada unidad doméstica: unas estarán en situaciones donde las expectativas son limitadas a una existencia frugal, otras podrán contemplar la adquisición de bienes culturales o artículos para el entretenimiento. Ciertamente, en las salas del museo no se hace hincapié en estas proyecciones de la unidad doméstica, por lo cual cabría pensar que es un artefacto que introduce la reconstrucción. Sin embargo, los contenidos de dichos salones serían completamente extraños si no se da por supuesto que los campesinos procuran el bienestar de sus familias y toman decisiones relativas a la extensión de tierra a labrar o dejar en barbecho, qué sembrar, qué artesanías producir y en qué cantidad etc. Las cosmovisiones y costumbres tradicionales coadyuvan el proceso de decisión, y por eso en Cecimna se estipulan vínculos entre unidades domésticas y conjuntos de creencias tradicionales.

¿Acaso Cecimna es una versión diluida de la teoría de Chayanov? Bien podría serlo, aunque la conceptuación que figura en el MNA no alude al concepto de laboriosidad, ni hace hincapié en la proporción de integrantes productivos e improductivos de la unidad doméstica; sólo pone de realce que lo que el agricultor/artesano produce satisface en determinado grado lo que él concibe necesario para el bienestar de su familia. De cualquier manera, para dar una respuesta positiva a la pregunta anterior sería menester tener acceso a y revisar todos los guiones científicos y museográficos pertinentes, y encontrar en ellos (o en alguno de ellos) una mención explícita de que la teoría de Chayanov fue fuente de inspiración del contenido, tocante a economía, de tal o cual sala. También convendría entrevistar a los curadores y preguntarles al respecto. Quizá el ejercicio revele que es otra teoría de la cuestión agraria en la cual se sustentó la exhibición; o bien que exista heterogeneidad de enfoques, según de qué pueblo indígena se trata. O quizás, luego de la revisión y entrevistas aún no sea posible pronunciarse en un sentido o en otro: los guiones, por ejemplo, manifiestan inspiraciones múltiples o provenientes de complejos teóricos que articulan de manera coherente diversas propuestas clásicas, pero al hacerlo las desdibujan. En fin, esta parte de la investigación aún está por hacerse. Pero lo conseguido hasta ahora pone de relieve que así como

se habla de dinámicas teóricas en la ciencia, cabría pensar en dinámicas de teorías científicas en los espacios divulgativos o en el traspaso de la comunidad de especialistas al contexto de la educación no-formal.❷

AGRADECIMIENTOS. La elaboración de este trabajo tuvo el apoyo del proyecto *Representación y modelización del conocimiento empírico* con financiamiento del CONACYT (proyecto ciencia básica convocatoria 2012, núm. 182084) y del proyecto PAPIT IN 402013.

Diego MÉNDEZ

Departamento de Ciencias de la Comunicación,

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa. México.

*dmendez@correo.cua.uam.mx*

## Theories of peasant economy at the National Museum of Anthropology in Mexico City

### ABSTRACT

This paper discusses the usefulness of the Semantic Conception of Scientific Theories as a tool for analyzing exhibitions in science museums. It focuses on representations of peasant economies in the National Museum of Anthropology in Mexico City, and reconstructs the conceptualization underlying said representations. The apparatus utilized for this task is based on the Structuralist Program, but presents the reconstruction as a category theory diagram instead of a set-theoretic predicate. The paper proposes a possible connection between the Museum's conceptualization and Chayanov's theory of the Peasant Economy. It ends with a final reflection on the structural transformations of scientific theories as they pass into the realm of popular science communication.

KEYWORDS • Model. Semantic conception. National Museum of Anthropology. Peasant economy. Structuralist program.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁNTARA, C. H. de. *Anthropological perspectives on rural México*. London: Routledge & Kegan Paul, 1984.
- BALZER, W. et al. *An architectonic for science: The structuralist program*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- BARTRA, R. Introducción a Chayanov. *Nueva Antropología*, 1, 3, p. 49-69, 1976.
- BRASS, T. *Peasants, populism, and postmodernism: The return of the agrarian myth*. New York: Frank Cass, 2000.
- \_\_\_\_\_. Introduction: Latin American peasants – new paradigms for old. In: BRASS, T. (Ed.). *Latin American peasants*. London: Frank Cass, 2003. p. 1-42.
- \_\_\_\_\_. (Ed.). *Latin American peasants*. London: Frank Cass, 2003.
- CALVA, J. L. *Los campesinos y su devenir en las sociedades de mercado*. México: Siglo XXI, 1988.
- CASANUEVA, M. & MÉNDEZ, D. Teoría y experimento en genética mendeliana: una exposición en imágenes. *Theoria*, 23/3, 63, p. 285-306, 2008.

- CASANUEVA, M. & MÉNDEZ, D. Notas en favor de la transdisciplina o hacia una epistemología de las relaciones mereológicas entre modelos teóricos y sistemas empíricos. In: PELÁEZ, A. & SUÁREZ, R. (Ed.). *Observaciones filosóficas en torno a la transdisciplinariedad*. México: UAM-Cuajimalpa/Anthropos, 2010. p. 41-67.
- \_\_\_\_\_. Graphs and lattices as conceptual representation formats. An exploratory exercise with five specializations of mendelian genetics. *Metatheoría*, 3, 1, p. 19-37, 2012.
- CHAYANOV, A. V. On the theory of non-capitalist economic systems. In: THORNER, D.; KERBLAY, B. & SMITH, R. E. F. (Ed.). *A. V. Chayanov on the theory of peasant economy*. Madison: University of Wisconsin Press. 1986a. p. 1-28.
- \_\_\_\_\_. Peasant farm organization. In: THORNER, D.; KERBLAY, B. & SMITH, R. E. F. (Ed.). *A. V. Chayanov on the theory of peasant economy*. Madison: University of Wisconsin Press. 1986b. p. 29-277.
- CORTÉS, F. & CUÉLLAR, O. Lenin y Chayanov, dos enfoques no contradictorios. *Nueva Antropología*, 9, 31, p. 63-102, 1986.
- DIÉZ, J. A. & MOULINES, C. U. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 1999.
- EHRESMANN, A. C. & VANBREMEERSCH, J. P. *Memory evolutive systems: hierarchy, emergence, and cognition*. Amsterdam: Elsevier, 2007.
- GRIESEMER, J. R. Modeling in the museum: on the role of remnant models in the work of Joseph Grinnell. *Biology and Philosophy*, 5, p. 3-36, 1990.
- LAWVERE, F. W. & SCHANUEL, S. H. *Matemáticas conceptuales: una primera introducción a categorías*. México: Siglo XXI, 2002.
- MÉNDEZ, D. & CASANUEVA, M. Representación de dominios teóricos mediante retículos: el dominio de la herencia biológica durante el periodo de 1865-1902. *Agora: Papeles en Filosofía*, 31, 2, p. 109-41, 2012.
- OLIVOS, N. & CUADRIELLO, H. La etnografía: el descubrimiento de muchos México profundos. Entrevista a Andrés Fábregas Puig. *Andamios*, 9, 19, p. 161-96, 2012.
- PARÉ, L. El debate sobre el problema agrario en los setenta y ochenta. *Nueva Antropología*, 11, 59, p. 9-26, 1991.
- PELÁEZ, A. & SUÁREZ, R. (Ed.). *Observaciones filosóficas en torno a la transdisciplinariedad*. México: UAM-Cuajimalpa/Anthropos, 2010.
- PLOEG, J. D. VAN DER. *Peasants and the art of farming: a chayanovian manifesto*. Rugby: Practical Action, 2014.
- PEÑA, G. DE LA. La antropología social y cultural en México. Versión preliminar de una ponencia preparada para el seminario *Anthropology in Europe*. Madrid, septiembre de 2008. Disponible en <<http://pendiente demigracion.ucm.es/info/antrosim/docs/Dela penaMexico.pdf>>. Acceso en: 17 may. 2016.
- RAMÍREZ, P. *Museo Nacional de Antropología. Gestación, proyecto y construcción*. México: INAH, 2008.
- Rodríguez, C. *Sala El Purécherío: reestructuración museográfica*. México: Museo Nacional de Antropología, 2000.
- SÁNCHEZ, M. E. Los mayas de tierras altas en el museo nacional de antropología (Una sala de finales del siglo XX. Tesis para optar por el título de Licenciada en Etnohistoria. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia, 2000.
- THORNER, D.; KERBLAY, B. & SMITH, R. E. F. (Ed.). *A. V. Chayanov on the theory of peasant economy*. Madison: University of Wisconsin Press. 1986.
- VAN FRAASSEN, B. C. *Laws and symmetry*. Oxford: Clarendon Press, 1989.
- WEISBERG, M. *Simulation and similarity. Using models to understand the world*. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- WOLF, E. *Los campesinos*. Barcelona: Editorial Labor, 1982.

## APÉNDICE

Pasajes relativos a la unidad doméstica, producción artesanal y pequeño comercio, y la emigración en las cédulas temáticas de las salas *Pueblos indígenas*, *Pureeche* y *Oaxaca*, del MNA. (La notación // indica punto y aparte.)

Tema	Sala	Pasajes
Unidad Doméstica	Pueblos indígenas	<p>La familia nuclear o grupo doméstico es la base de la organización social de los pueblos indios. Su unidad y cohesión son indispensables para la supervivencia y cooperación social en la comunidad. Generalmente, el grupo de familias nucleares emparentadas forman los barrios o sectores que integran al pueblo. // La familia es la unidad de producción y de consumo. Dentro de ella cada miembro tiene una posición y una labor encomendada, de acuerdo con su edad y sexo (...) (cédula “Participación familiar”).</p>
	Pureeche	<p>La familia es la unidad básica para la organización de las relaciones sociales en cada grupo doméstico, familia extensa, barrio, pueblo, región e incluso, entre los emigrados, hijos del pueblo. // Los padres y sus hijos solteros componen la familia nuclear. Ésta se vuelve extensa cuando los abuelos, los hijos casados, con sus respectivas familias y otras personas (parientes o conocidos) comparten alimentos, el mismo solar y el mismo granero. // La familia reproduce y renueva la cultura purépecha al construir la casa, trabajar la tierra, elaborar manufacturas, preparar los alimentos propios, educar a los niños pequeños, casarse, venerar a los muertos, desempeñar cargos religiosos y, en general, guardar y poseer “el costumbrismo” y “la creencia” que norman la conducta y pensamiento del pueblo purépecha (...) (cédula “La familia”).</p>
	Oaxaca	<p>La familia nuclear o grupo doméstico es la base de la organización social de los pueblos indios. Su unidad y cohesión son indispensables para la supervivencia y cooperación social de la comunidad. Generalmente, el grupo de familias nucleares emparentadas forma los distintos barrios o sectores que integran el pueblo. // La familia es la unidad de producción y de consumo y dentro de ella, cada miembro tiene una posición y una labor encomendada de acuerdo con su edad y género. En la actualidad, la participación de la mujer indígena en la economía familiar es cada vez más importante (cédula “El hogar y la comunidad”).</p>

Tema	Sala	Pasajes
Artesanías y pequeño comercio	Pueblos indígenas	<p>El pequeño comercio también ha sido una importante actividad complementaria para las comunidades tradicionales. Se efectúa en los mercados semanales y ferias regionales de las cabeceras principales en pequeños establecimientos locales. // En estas indispensables tiendas se expenden lo mismo mercancías de origen industrial que bienes producidos por los grupos domésticos del lugar, como pueden ser productos agrícolas, de recolección, caza o pesca y, sobre todo, manufacturas que comprenden herramientas para el desempeño de tareas agrícolas, objetos de cerámica de uso doméstico, cestería, carpintería y talabartería, entre otros (cédula “Comercio e industrias locales”).</p>
	Pureecherío	<p>Las manufacturas purépechas, aunque son actividades familiares, se ha dirigido cada vez más a la venta fuera del puréecherío. Esto ha modificado sustancialmente los diseños, para adaptarse al gusto de los compradores y de las instituciones de fomento cultural que organizan concursos de artesanos. // Los mismos artesanos asisten a las ferias regionales a vender sus productos o los colocan en los mercados nacional e internacional, a través de intermediarios particulares e instituciones oficiales. // El puréecherío enriquece la artesanía michoacana con madera labrada, alfarería, textiles, maguey y otros productos. Algunos, si bien ya dejaron de ser hechos por manos purépechas, éstas los elaboran originalmente, como la plumaria y el trabajo de cobre, entre otros (cédula “Artesanías”).</p>
Artesanías y pequeño comercio	Oaxaca	<p>Entre los grupos étnicos de Oaxaca, desde tiempos muy remotos hasta nuestros días, se elaboran objetos utilitarios de cerámica, de cestería y textiles. Asimismo, han elaborado sus propias herramientas para las faenas agrícolas (...) [El texto sigue con la descripción de productos artesanales de las diversas regiones del estado.] (cédula “Las artesanías”).</p>
Emigración	Pueblos indígenas	<p>La migración por motivos laborales, siempre presente, se vuelve un fenómeno masivo en la década de 1940, a partir del desarrollo industrial del país y el consiguiente aumento de las vías de comunicación. // Los migrantes se ocupan como jornaleros, obreros no calificados, perones de albañil, sirvientes y vendedores ambulantes. También hay quienes buscan estudiar alguna carrera para así integrarse a las clases medias urbanas y luchar por posiciones po-</p>

Tema	Sala	Pasajes
		<p>líticas o simplemente por un mejor nivel de vida. // Algunos migrantes rompen lazos con su comunidad y lo que ella significa: pobreza, discriminación, falta de servicios y hasta cargos comunitarios. Otros, en cambio, no se desligan de sus comunidades de origen y siguen desempeñando cargos en la organización de las fiestas de los santos, o bien luchando por el control del poder local, y quizá regional, en los cargos del ayuntamiento y en puestos del gobierno estatal (cédula “Migración y cambio cultural”).</p>
	Pureecherío	<p>Al menos desde la Primera Guerra Mundial, el puréecherío ha enviado jornaleros para los campos de agricultura comercial de varias regiones de México y los Estados Unidos, a donde se trasladan en forma temporal o definitiva. En las últimas décadas la diversidad ocupacional se ha ampliado y ahora abarca actividades urbanas e incluso profesiones y artes. // [Se mencionan lugares en E.U. a dónde migran los purépechas // Los recursos obtenidos en la migración rara vez se invierten en actividades productivas y sí en la subsistencia de la familia, en la construcción de nuevas viviendas o en el sostentimiento de “el costumbre”. // Desafortunadamente, el aumento de migrantes (llamados “norteños”) ha dificultado las “faenas” (trabajo colectivo para el bien común). Además, ha acelerado los cambios de la de por sí siempre dinámica cultura purépecha (cédula “La migración”).</p>
	Oaxaca	<p>Conforme se han incrementado las vías de comunicación y han avanzado, desde la década de 1970, el capitalismo y la urbanización en los pueblos de Oaxaca se ha intensificado el proceso migratorio a lugares de agricultura comercial como Sinaloa y Baja California y a las ciudades como México, Guadalajara, Monterrey, Tijuana y otros centros urbanos. Además, son numerosos los emigrantes oaxaqueños en Estados Unidos, donde se hacen notar por mantener sus uso y costumbres. // La solidaridad y la religiosidad en las comunidades oaxaqueñas permite que los emigrantes se mantengan unidos reproduciendo su cultura a través de sus asociaciones fraternas o en sus nuevos asentamientos. Estas alianzas constituyen prolongaciones de la comunidad de origen, pues los grupos emigrantes tienen una decisiva influencia en sus pueblos al contribuir con su ayuda monetaria a los familiares que siguen viviendo en él o para obras de servicio comunal, como las mejorías del templo, del pala-</p>

Tema	Sala	Pasajes
		cio municipal y de las escuelas; también cumplen, a la distancia, con cargos civiles y religiosos. De esta manera los emigrantes conservan sus derechos y obligaciones comunitarias (...) (cédula “El proceso migratorio”).
Estrategias para defender la economía local	Oaxaca	Para hacer frente a los problemas generados por la sustitución de la agricultura de auto-subsistencia por una de tipo comercial, los indígenas han empezado a crear organizaciones de producción, reinvertiendo sus ingresos hasta lograr una capitalización mínima que le permita pensar en proyectos un poco mayores. Su pequeño capital lo complementan con financiamientos de organizaciones no gubernamentales nacionales y extranjeras, y también de instituciones del gobierno estatal y federal. // Como parte de su estrategia económica, la mayoría de las organizaciones tiende a diversificar su actividad. Así, los cafetaleros pueden tener proyectos hortícolas o artesanales, y en buena medida han incorporado trabajos de tipo cultural, revalorando el uso de la lengua materna, recogiendo la memoria local y mítica, volviendo los ojos a la medicina tradicional y a la defensa de sus recursos naturales y de sus derechos humanos (cédula “Los proyectos del pueblo”).
Otros aspectos de lo tradicional	Pueblos indígenas	(...) [El cultivo del maíz] marca los tiempos y los espacios para la realización de otras actividades económicas, tanto tradicionales como modernas, así como para la observancia de ritos y fiestas propios del culto religioso (cédula introductoria a la sala).(...) En la actualidad, la importancia de la tradición indígena, es evidente en la cultura de los migrantes, individuos originarios de los poblados y de las cabeceras municipales. Ellos reproducen su organización tradicional, tanto en la vida diaria como en las fiestas en sus nuevos lugares de residencia, produciéndose así una expansión de su cultura de origen (cédula “La comunidad y su región”). Por largo tiempo, el maíz funcionó como el sustento de la economía familiar y comunal y proporcionó las condiciones para la reproducción de la cultura de la etnia. Es por ello que sin duda se ha asociado al maíz con la cultura tradicional (Ficha sin título que acompaña el diorama de implementos agrícolas).
Pureecherío		Se conoce como el troje, la troje o la troja a una construcción serrana desarmable que sirve de granero, dormitorio y capilla:”(...) para nosotros es un lugar sagrado, porque ahí están nuestras imá-

Tema	Sala	Pasajes
Otros aspectos de lo tradicional	Oaxaca	<p>genes, ahí es donde llega uno a concentrarse para pedir o para iniciar algún trabajo. También es el lugar en donde tenemos muchos recuerdos. Una ceremonia se tiene que hacer en el altar principal. Las trojes están hechas a través de apoyos solidarios de las familias. Es una casa en donde dejaron todo el trabajo mis parientes. En todas las construcciones se están usando ahora otros materiales, pero sigue esa tradición de que todos tenemos que estar presentes y tenemos que apoyarnos, principalmente cuando se hace el último techo. Entonces se hace una fiesta y se viste a la Santa Cruz con un traje, que representa a los que van a vivir ahí". (Testimonio de Guadalupe Hernández Dimas <i>Santa Fe de la Laguna</i>, 1999) (...) (cédula "La troje").(...) El conjunto de familias organizadas tienen la responsabilidad de continuar con la tradición. Sus principios de organización son capaces de sobrevivir a pruebas tales como la separación de la familia por la ausencia de algunos de sus miembros o la falta de interés de muchos jóvenes por participar en el sistema de cargos (cédula "La familia").</p> <p>Una comunidad indígena tradicional distribuye sus espacios en torno a los lugares que determinan su vida cotidiana, como son el templo cristiano, el palacio o la agencia municipal, el mercado y el panteón, últimamente pueden también existir los templos evangélicos. // Además, el espacio comuna incluye otros lugares, como son los cerros, los montes y las cuevas, donde se verifican rituales conforme a la tradición mesoamericana. // La población indígena se conforma con los espacios domésticos, con su casa grande y la cocina, que son las dos construcciones del hogar, y que incluyen el altar familiar y el fogón, respectivamente. El patio o solar de la casa es un lugar importante, pues allí se guardan los diversos implementos agrícolas y otros utensilios y es también el lugar destinado a las reuniones festivas, particularmente del ciclo de vida y de la vida comunitaria (cédula "La comunidad"). En los pueblos campesinos de las diversas etnias de Oaxaca, las fiestas católicas, como la Semana Santa, Corpus Christi, la Santa Cruz, Día de Muertos y Navidad, coinciden con las etapas del ciclo de cultivo del maíz. Las ceremonias que se efectúan son actos propiciatorios de la fertilidad y para pedir la lluvia en tiempos de siembra; otros actos rituales ayudan al cuidado del crecimiento de los maizales. Finalmente, cuando es tiempo de cosecha, se cumplen con las ceremonias de acción</p>

## Pasajes

de gracias. // Por otro lado, se mantiene la realización de ritos en lugares sagrados, como cuevas, cerros y manantiales, que son la continuidad del calendario agrícola de tradición indígena (...) (cédula “Los tiempos del maíz”). Las casas tradicionales de los zapotecos fueron de planta rectangular y una puerta, no tenían ventanas y el techo era de dos o cuatro aguas. Era común que la vivienda constara sólo de una pieza de tal manera que era allí donde se realizaban las múltiples actividades como comer, dormir, cocinar, rezar y guardar las distintas herramientas. En cuanto a los materiales usados en los pueblos de los valles centrales era común el carrizo y el adobe en las paredes así como palma, zacate y hojas de caña en los tejados (Cédula “La antigua casa zapoteca”). [El título de la cédula, así como la prosa en tiempo pasado dan a entender que las casas zapotecas ya no son así. La figura 3 presenta el objeto de esta ficha]. (...) En la comunidad india predominan la propiedad comunal de la tierra e instituciones como la ayuda mutua y el trabajo no remunerado en servicio de la colectividad. Su estructura socio-religiosa se sustenta en un sistema tradicional de cargos que asegura la participación obligada de todos sus individuos para hacer frente al ciclo ceremonial de las fiestas devotas y a las tareas administrativas y judiciales, derivadas de su inserción en una región geopolítica específica (...) (cédula “La residencia de origen”).



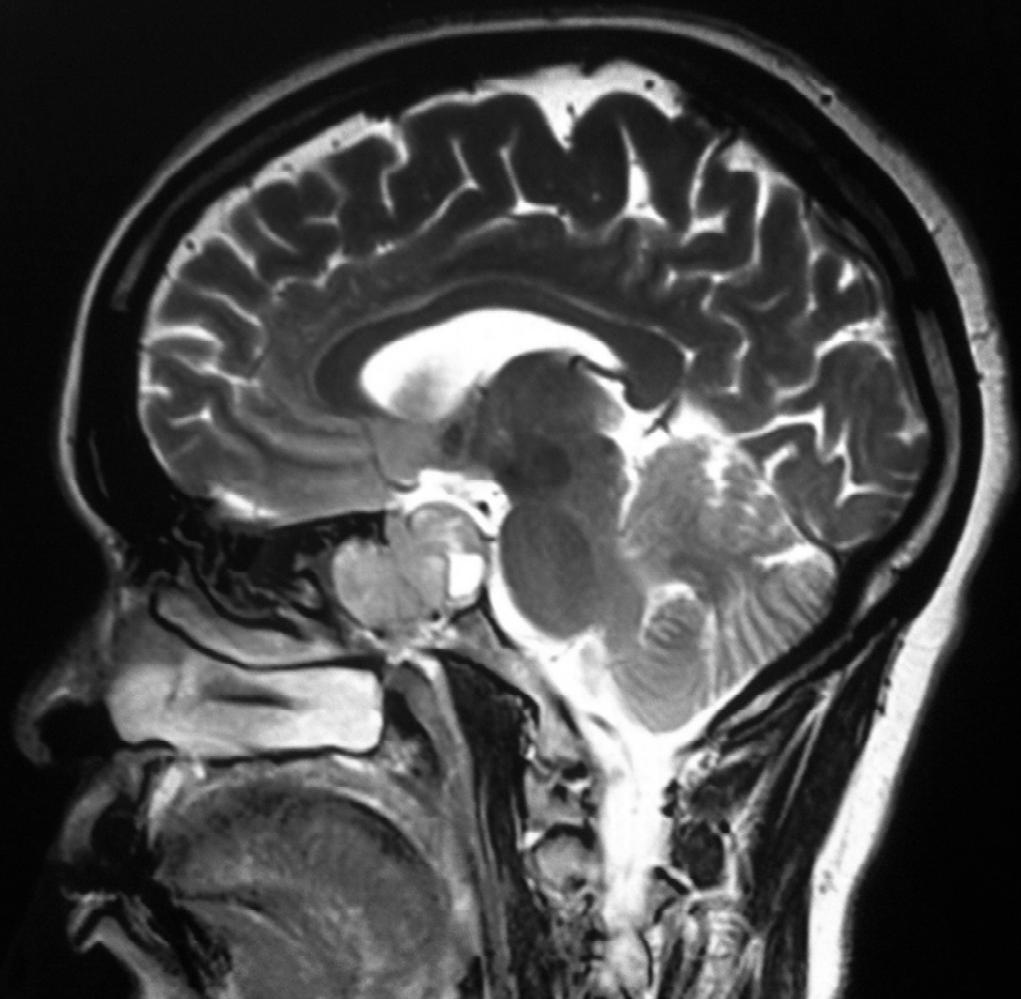


Imagen de resonancia magnética funcional de una cabeza humana (Wellcome Images–Creative commons). Disponible en: <<https://www.psypost.org/wp-content/uploads>>.



# Abstracciones, partes y explicaciones en las ciencias del cáncer

*Octavio VALADEZ-BLANCO*



## RESUMEN

Nuestras sociedades deben lidiar con problemas complejos que requieren la mirada y la intervención de múltiples prácticas científicas y filosóficas. Este es el caso del cáncer que se ha configurado como la primera causa de muerte en el mundo y como una enfermedad multifactorial y compleja, tal como se encuentra en el documento de 2014 de la Organización Mundial de Salud (WHO). En este trabajo recupero y uso la noción de abstracción trabajada por Levins y Winther quienes la entienden como un momento necesario de la ciencia por el que se establecen partes, totalidades y relaciones de problemas concretos. Bajo esta mirada la pluralidad de explicaciones sobre el cáncer puede comprenderse como diversos modos de participación, y como la articulación y a veces tensión de al menos tres proyectos explicativos: el molecular, el estructuralista y el epidemiológico. En este trabajo desarrollo y comparo las abstracciones que se hacen desde estos proyectos, analizando sus discursos y el modo en que justifican su poder explicativo. La noción de abstracción nos permite advertir el modo en que cada práctica puede convertir las abstracciones en realidades concretas, o sea, reifica e idealiza las abstracciones que fueron históricamente limitadas, causando efectos perniciosos en diferentes niveles. Así, este trabajo contribuye a una versión pluralista, crítica y responsable, de la lucha contra desafíos complejos como el cáncer.

**PALABRAS-CLAVE** • Abstracción. Pluralismo. Explicación. Cáncer. Reificación.

## INTRODUCCIÓN. EL PROBLEMA DE LAS REPRESENTACIONES EN CIENCIAS, LOS MODELOS Y LAS EXPLICACIONES

Nuestras sociedades lidian cada vez más con problemas que no pueden ser definidos o explicados desde un sólo punto de vista, ni tampoco intervenidos desde una sola institución. Este es el caso de las enfermedades crónico degenerativas que causan ya la mayoría de muertes a nivel mundial, y que difícilmente pueden ser explicadas o atendidas desde una sola perspectiva médica o social. La pluralidad de perspectivas, metodologías e intervenciones, se vuelve en estos problemas no sólo un horizonte deseable, sino una práctica concreta que debe ser explicada en sus tensiones y desafíos. Algo similar ocurre con el cáncer, que es considerada ya como la primera causa de muerte en el mundo y se ha convertido en una de las prioridades de investigación científica y

médica a nivel mundial enfermedad, pero también se ha insertado en una red de agencias e instituciones encargadas de definirla, tratarla, detenerla (cf. WHO, 2014). ¿Qué convergencias o divergencias existen entre esta diversidad de perspectivas científicas? ¿Son enfoques complementarios, o, por el contrario, existen competencias entre estos enfoques y prácticas? ¿Qué tipo de pluralismo (epistemológico, ontológico, metodológico) se está construyendo en torno al cáncer? ¿Qué implicaciones tiene para nuestras nociones generales de ciencia, teoría, representación y práctica?

En este artículo, me interesa analizar algunas de estas cuestiones en función de la categoría de abstracción y en el marco de una visión ampliada del cáncer. Y es que de manera coloquial usamos la distinción abstracto-concreto para referirnos al proceso de análisis de la realidad, o sea, abstraemos cuando sepáramos algún aspecto de un problema que deseamos comprender, dejando a lo concreto como aquello real donde aparece la totalidad del fenómeno. En estas ideas coloquiales sobre la abstracción se encuentra ya una de las ventajas de recuperarla: problemas *concretos* como el cáncer generarían diversas formas de abstracción y representación científica, sin que ninguno pueda recuperar la totalidad del fenómeno. Esta idea pareciera trivial, pero adquiere relevancia cuando se analiza el alcance de un discurso que pretende establecer las bases del cáncer o su causalidad.

En el campo filosófico, las abstracciones y las representaciones han sido ampliamente discutidos. Desde una perspectiva epistemológica las abstracciones se han puesto como representaciones, descripciones, o categorías que pueden cumplir diversos roles en las explicaciones, los modelos y las teorías (cf. Keller, 2000; Levins, 2006; van Fraassen, 2008; Giere, 2004). Desde una perspectiva más ontológica, las abstracciones se han discutido como contenidos parciales de una realidad concreta, que puede o no ser accesible (cf. Rheinberger, 2010). En términos hermenéuticos e históricos, la distinción abstracto-concreto se ha relacionado con otras distinciones como material-formal, sujeto-objeto, apariencia-esencia, donde se busca poner en relación los modos en que las abstracciones históricamente contingentes constituyen mundos de sentido (cf. Changeux & Ricoeur, 2001; Kosík, 1967; Rorty, 1995; Rosen, 2014).

En este artículo, quiero centrarme en la noción de abstracción desarrollada por Levins (2006) y Winther (2009, 2006) para los cuales la diversidad metodológica y ontológica de la ciencia, puede entenderse en función de una diversidad de modos de abstracción, a saber, constitución de “partes y todos. Una de las ventajas de esta perspectiva centrada en relaciones parte-todo, es que con ella se puede entender mejor el modo en que las abstracciones se pueden convertir perniciosas o reificantes, y colapsar así diversos tipos de pluralismos. Y es que uno de los desafíos filosóficos que recorre el problema de la abstracción está en el de poder de poder situar y articular las preguntas

epistemológicas en sus prácticas históricamente contingentes, es decir construir una visión ampliada o extendida de la ciencia más allá de los enfoques centrados en las teorías, explicaciones o modelos generales (cf. Mol, 2003). Así, uno de los objetivos que guía este trabajo es entender la relación entre las abstracciones con las actividades científicas relacionadas con la intervención, la valoración o la interpretación en ciencias tan relevantes como las del cáncer.

Mi hipótesis es que la diversidad de proyectos explicativos del cáncer puede entenderse como diversos modos de abstracción de la complejidad de la enfermedad, es decir, como diversos modos de identificar partes, totalidades y explicar sus relaciones causales, bajo criterios prácticos e institucionales específicos. Para desarrollar este argumento en la sección 1 presentaré una perspectiva ampliada de las actividades científicas que nos permita localizar el proceso de abstracción en sus prácticas, para posteriormente vincular estas actividades con las nociones de explicación desarrolladas por Winther y Levins para el caso de las ciencias biológicas. En la sección 2, usará este marco de categorías para desarrollar y representar icónicamente las diversas particiones-abstracciones que existen en tres de los principales proyectos explicativos sobre el cáncer (biomédico, epidemiológico y clínico). Finalmente discutiré los desafíos sobre un pluralismo de estas formas de abstracción y su relación con discusiones generales en la filosofía de la ciencia.

## 1 ACTIVIDADES CIENTÍFICAS Y LA IMPORTANCIA DE LA ABSTRACCIÓN

Parto de una visión ampliada de la ciencia que busca recuperar el momento semántico de las teorías y modelos, pero también incluir otras actividades fundamentales que recuperen las prácticas donde nacen estas actividades cognitivas. Planteo para esto al menos cuatro actividades, a saber: modelar, explicar, valorar e intervenir.

La ciencia como un *modelar de teorías* implica, bajo una perspectiva formal, dar una interpretación de los términos científicos (o sea, dotarlos de un significado concreto) tal que los axiomas (y teoremas) de la misma resulten verdaderos en esa interpretación (cf. Casanueva, 2005; Giere, 2004). Siguiendo esta noción podemos decir que los modelos son abstracciones de ciertos tipos de propiedades, objetos y relaciones que se hacen con base y para una estructura conceptual o teórica. Los modelos se manifiestan como estructuras interpretativas y significativas para un conjunto de enunciados que pueden servir tanto para representar “representaciones” es decir para ser soporte o aprehender aspectos teóricos o bien para guiar y dar sentido a intervenciones o experimentos. Los modelos se contrastan empíricamente cuando se confirma la relación con aquellos hechos que buscan representar.

En un segundo momento, la ciencia *explica*, entendiendo por explicación el proceso epistémico que, apelando a criterios empíricos, busca responder la pregunta del “¿por qué?” (Eberle *et al.*, 1961), o bien del “¿Cómo?” (cf. Glennan, 2002) de la ocurrencia de un fenómeno. La explicación ha sido dividida en el *explanandum*, es decir, la descripción empírica del hecho a ser explicado, y el *explanan*, es decir aquello que proporciona la explicación. La relación explicativa es aquella que válida, ya sea mediante una operación lógico deductiva, o bajo otro tipo de necesidad epistémica (cf. van Fraassen, 2008) o causales (cf. Salmon, 1990), que el *explanan* explique efectivamente el *explanandum*.

Una tercera actividad relevante es que la ciencia *valora*, es decir, se establecen una serie de criterios, normas y convenciones que diferencian lo relevante de lo secundario, así como estandariza las metodologías, supuestos que guían la empresa científica (cf. Harding, 2015). Y finalmente la ciencia *interviene* sobre el mundo, es decir no sólo es un proceso de representación de la realidad, sino una intervención y constitución de realidades (cf. Hacking, 1996). En este ámbito, se incluye tanto al desarrollo de tecnologías para la investigación (y procedimientos heurísticos de manipulación y control), como al puente por el que el conocimiento científico deviene o se instancia en procesos económicos, políticos o culturales (cf. Kaplan & Winther, 2013).

Estas actividades no pretenden ser exhaustivas, pero sí buscan plantear una relación entre los tipos de abstracciones, modelos y explicaciones, con las prácticas sociales que subyacen a los mismos. En el caso del cáncer, la diferencia entre estas actividades cobra relevancia, cuando se relacionan con las diferentes discusiones en torno a las definiciones, diagnósticos y tratamientos sobre la enfermedad. ¿Qué relación hay entre las diferentes abstracciones y las diferentes actividades científicas de la investigación sobre el cáncer? En el siguiente apartado analizaré primero la noción de abstracción como partición para luego ir entendiendo la diversidad y convergencia de particiones que existen en torno al cáncer, y su relación con los proyectos situados donde éstas se ubican.

## 2 EXPLICACIÓN BIOLÓGICA COMO RELACIONES ENTRE LA PARTE Y EL TODO: MECANICISTA, HISTÓRICA Y ESTRUCTURALISTA

La propuesta Levins, pero sobre todo R. Winther gira en torno a dos ideas fundamentales: la abstracción como generadora de partes y todos; y la de marcos de partición como diversos modos de abstracción de partes y todos. Analizaremos brevemente dichas ideas para luego ver cómo ellas nos permiten distinguir los enfoques explicativos.

## 2.1 PREEMINENCIA EPISTÉMICA DE LA ABSTRACCIÓN EN LAS PARTES Y TODOS

Siguiendo el planteamiento de Levins y Lewontin (cf. Levins, 2006), Winther plantea que la relación parte todo es epistémica y metodológicamente *básica*, más que derivada de las relaciones causales: las partes no pre-existen sino que cobran sentido para la investigación teórica y experimental en tanto son abstraídas. La abstracción se entiende aquí como una actividad epistémica y cognitiva que focaliza y selecciona ciertas propiedades y relaciones de objetos y procesos, dejando de lado la mayoría de ellos. Las categorías y las leyes son generadas gracias a este proceso. La abstracción es pues el proceso de seleccionar ciertos aspectos del mundo, y dicha selección está basada más en intereses y necesidades de los agentes, que en la suficiencia y necesidad de la abstracción. En realidad, Winther retoma la idea trabajada sobre todo por Levins sobre el papel que juega la abstracción en el proceso dialéctico por el que la ciencia necesariamente tiene que separar aquello que desea comprender,<sup>1</sup> aunque la realidad sea el todo verdadero. Y es que para Levins una visión dialéctica representa una superación de aquella postura ortodoxa (donde la ontología de los modelos y teorías se acoplan directamente con la ontología del mundo complejo) en tanto considera que

- (1) la verdad es el todo;
- (2) las partes son condicionadas y creadas por sus todos;
- (3) las cosas están conectadas de maneras más diversas de lo que es obvio;
- (4) ningún nivel de fenómeno es más “fundamental” que cualquier otro, sino que cada uno tiene cierta autonomía relativa y dinámica, aún estando conectados con otros niveles;
- (5) las cosas son del modo que son debido a que lo consiguieron de ese modo;
- (6) las cosas son fotos de procesos;
- (7) las cosas permanecen siendo del modo que son lo suficiente como para ser reconocidas y nombradas debido a los procesos opuestos que las perturban y restablecen;
- (8) las dicotomías, con las cuales dividimos al mundo fisiológico/psicológico, biológico/social, genético/ambiente, azaroso /determinístico, inteligible/ caótico, son equívocas y eventualmente ofuscan (Levins & Lewontin, 2007, p. 150).

<sup>1</sup> El enfoque pragmático de Levins queda de manifiesto en la siguiente cita: “Nuestra abstracción siempre refleja decisiones. La prueba de la utilidad de una abstracción es si logra capturar lo que queremos de la realidad. Las abstracciones descriptivas tiene por objetivo convertir conceptos heurísticos en medidas cuantificables” (Levins, 2006, p. 743).

Winther (2006) recupera estos postulados y afirma, por un lado, el carácter pragmático de la abstracción, pero conservando, por el otro, su carácter realista en tanto que la abstracción se hace con base en datos empíricos y fuertemente modelados por las demandas internas de los modelos y las teorías.

Tanto Levins como Winther tratan de dejar claro que la abstracción no es una idealización, puesto que las abstracciones no fijan “esencias”, sino que están siempre constreñidas por su sesgo, y su contingencia histórica (negar esta condición es reificarla). En ese sentido, se parte de una realidad compleja que está en constante tensión con nuestros modelos simples y simplificadores. Esta imposibilidad de un acoplamiento directo de nuestras ontologías, con la ontología del mundo abre la necesidad y la exigencia de un dialogo entre los diversos enfoques científicos y sus diferentes compromisos ontológicos (cf. Winther, 2006).

## 2.2 DISTINTOS MARCOS DE PARTICIÓN GENERAN DISTINTOS MODOS DE EXPLICACIÓN

La propuesta de Winther en este tema es que la existencia de diversas maneras entrecruzadas de abstraer el sistema (y determinar partes, todos y sus relaciones) pueden entenderse como diversos marcos de partición. Cada uno de estos marcos representa un conjunto de compromisos teóricos y experimentales para un modo particular de abstraer tipos de partes, así como interacción, niveles y organización de relaciones entre las partes. Desde esta perspectiva, no hay en Biología un sólo marco de partición que mapee con nitidez todo un ámbito ontológico, sino que varios de ellos se sobreponen y entrecruzan. Además, la aceptabilidad de cada marco de partición no se basa únicamente en su adecuación empírica, o en su coherencia interna, sino también en otros momentos importantes de la práctica científica como son la intervención (criterios de utilidad), la valoración (lo que resulta importante para un cierto contexto).

Para el caso de la biología, Winther rastrea por lo menos tres modos de partición relevantes y que han cobrado importancia en la discusión de la filosofía de la ciencia: (1) el mecanicista, (2) el estructuralista y (3) el histórico. A grandes rasgos podemos decir que en la explicación mecanicista el marco de partición se funda en la pregunta sobre ¿cómo funciona el mundo?, para ello se postulan entidades, propiedades y actividades como subyacentes a fenómenos biológicos o (cf. Glennan, 2002; Machamer; Darden & Craver, 2000). Dichos postulados puedan dar como resultado esquemas que guían y dan criterios para la identificación espacio temporal (empírica) de dichas entidades. La instanciación del esquema planteado, es ya la explicación mecanicista que revela las relaciones y patrones de producción por las que una condición inicial dada

(*explanans*) da lugar a un estado terminal (*explanandum*), mostrando el recorrido causal por las que ciertas entidades, propiedades y actividades producen el estado estudiado. En la explicación mecanicista se parte del supuesto de que entidades, propiedades y actividades son componentes en mecanismos (por ejemplo, moleculares) que producen fenómenos de niveles superiores (estados celulares).

Para el caso de la explicación estructuralista (cf. Goodwin, 2001; Kauffman, 1990) el marco de partición se funda en la pregunta sobre ¿cómo emergen estructuras y formas? La identificación y descripción empírica de niveles, procesos, clases equivalentes y transformaciones isomórficas da el contenido para formular modelos matemáticos. Las estructuras de niveles superiores y las propiedades emergentes de sistemas se explican a través de dichas formulaciones matemáticas mostrando como las partes se organizan para generar estructuras y procesos superiores. En esta visión se privilegia el estudio de procesos e interacciones globales por sobre el estudio de partes aisladas.

Finalmente, en la explicación histórica (cf. Winther, 2006) el interés se enfoca sobre los cambios temporales de partes o especies; dicho enfoque establece criterios objetivistas para la identificación empírica de caracteres, rasgos, variables o atributos. Mediante una reconstrucción histórica de las relaciones filogenéticas entre partes de organismos, especies y ambientes, la explicación histórica produce una narración que da cuenta del origen, cambio o permanencia de una individuación dada y justificado en un árbol filogenético.<sup>2</sup>

Aunque la propuesta de Levins y de Winther se dirige al dominio de las ciencias biológicas, nosotros llevamos este modelo al campo de las ciencias biomédicas para tratar de ver si es que se aplica por igual para el caso del cáncer.

### 3 ABSTRACCIONES, PARTICIONES Y EXPLICACIONES EN LAS CIENCIAS DEL CÁNCER

#### 3.1 ¿ONTOLOGÍAS COMPARTIDAS?

La hipótesis central de este trabajo reside en que las principales explicaciones del cáncer son explicaciones parte-todo. Todas usan **(i)** partes, **(ii)** propiedades de partes, **(iii)** organización e interacción de partes. Como veremos cada uno de los proyectos

<sup>2</sup> Winther analizará cada uno de estos proyectos con el estudio de la explicación de las extremidades de los tetrápodos: la explicación geno-mecanicista que da cuenta del comportamiento sistémico en términos de mecanismos causales entre estructuras y actividades moleculares; la explicación estructuralista del tetrápodo estaría enfocada sobre relaciones entre estructuras que mediante un principio matemático pueden explicar la emergencia de formas auto-organizativas; y finalmente la explicación histórica que se enfoca sobre cambios (estabilidades e innovaciones) de estas estructuras en períodos largos de tiempo.

NORMAL	Ícono	CÁNCER	Ícono
Estado molecular (genoma, transcriptoma, metaboloma)		Genes del cáncer	
Vías de regulación molecular		Ciclo celular canceroso	
Estado Celular de diferenciación (Cell behavior)		Célula Cancerosa	
Microambiente celular		Microambiente canceroso	
Diferenciación celular		Neoplasia	
Arquitectura histológica		Tumor	
Estructuras-funcionales multicelulares		Tumor-angiogénesis	
Procesos fisiológicos de alcance sistémico		Metástasis	
Totalidad del organismo-individuo		Enfermo	
Comunidad-biológica-cultural-política		Poblaciones humanas con cáncer	
Estado-Naciones (marco institucional y social) Ecosistemas		Morbilidad-Mortalidad	

Tabla 1. Nocións ontológicas presentes en los proyectos de explicación “parte-todo” del cancer.

explicativos definen estas partes de distintos modos (estructuras, procesos, mecanismos o funciones) sin embargo pareciera que en todos pueden reconocerse ciertas “nociónes” ontológicas como relacionadas en el cáncer. ¿Corresponden estas partes a la ontología básica formulada por la biología y la medicina a lo largo de los últimos dos siglos? En la tabla 1, presento de manera icónica, algunas de las principales entidades presentes en las particiones que se hacen sobre el cáncer.

Algunas de estas nociones aparecen en los discursos sobre el cáncer, de tal modo que la ontología del cáncer abarcaría un amplio espectro de organización biológica y social. En cada categoría puede rastrearse algún tipo de pregunta por explicar la diferencia y determinación tanto de un estado canceroso como de uno normal. En los discursos globales sobre el cáncer (cf. Stewart; WHO, 2014), por ejemplo, las bases biológicas, la etiología y la del cáncer intenta ser una descripción suficientemente consistentes con una visión global de la enfermedad donde se reconoce la concatenación de estas entidades. La mayoría de las preguntas que exigen explicación pueden ubicarse en el tránsito entre estados normales y patológicos (cf. Hanahan & Weinberg, 2011). El enfoque de biológico enfocaría su atención sobre estados no patológicos, mientras que el enfoque biomédico estaríaocado tanto en el tránsito de lo normal a lo patológico, como en el de las etapas y transformaciones de la enfermedad en el cuerpo del enfermo (véase fig 1).

A continuación analizaré tres de los principales modos de explicación científica y biomédica sobre el cáncer, usando las categorías planteadas por el esquema de partición y abstracción planteado por Levins-Winther, a saber: (1) el enfoque mecanicista sobre el cáncer, que constituye la visión dominante, (2) la explicación estructuralista que parte justamente de las insuficiencias del reduccionismo mecanicista, y (3) finalmente, el epidemiológico, más relacionado a la cuestión ambiental y cultural del cáncer.

### 3.2 EL CÁNCER COMO ENFERMEDAD GENÉTICA: MECANISMOS MOLECULARES Y CELULARES

Este proyecto explicativo, que aparece en los informes como bases biológicas del cáncer (cf. Coleman & Tsongalis, 2001), establece dos abstracciones generales:

- (1) la enfermedad del cáncer es fundamentalmente una enfermedad de células individuales;
- (2) el comportamiento de estas células, y por extensión los tejidos complejos, pueden ser comprendidos en términos de genes que operan dentro de esas células.

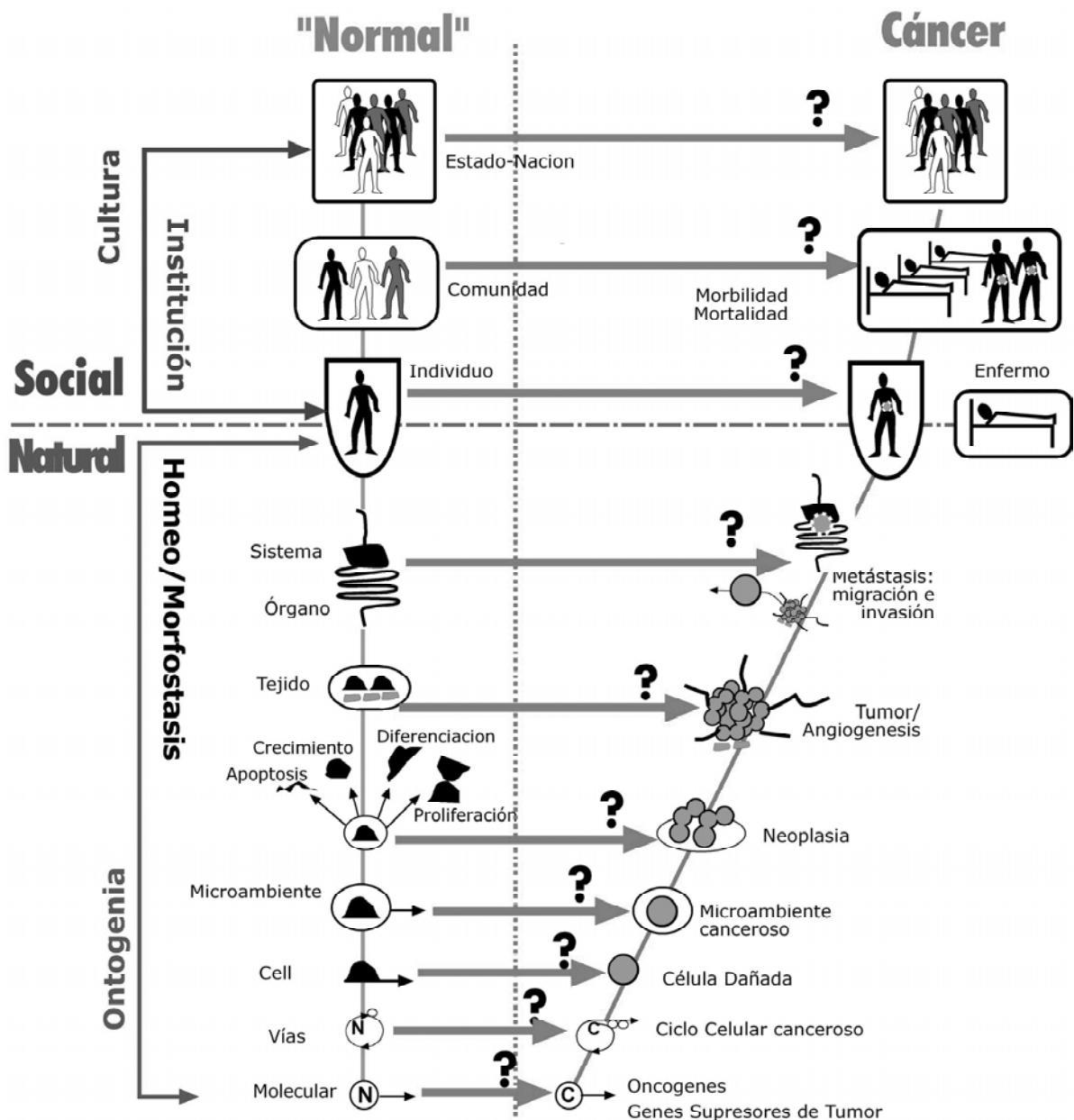


Figura 1. Entidades y relaciones explicativas en el cáncer. La comprensión del organismo multicelular humano lleva consigo la articulación de una serie de entidades y niveles que van desde el genoma humano, hasta los problemas y prácticas institucionales que el cuerpo conlleva. Como podemos ver las entidades relacionadas en la explicación del cáncer atraviesan toda una jerarquía ontológica. Las preguntas relacionadas con el cáncer buscan explicar, modelar e intervenir el tránsito de un estado normal a uno canceroso, en cada uno de los niveles, o bien la transformación o evolución de un estado de la enfermedad a otro. Las flechas y la continuidad pueden cambiar de sentido de acuerdo al marco explicativo.

Las propiedades de los tumores malignos, son explicadas, en tanto se entiendan las propiedades y procesos de los componentes de células individuales. Y aunque se reconoce el papel de otros factores no genéticos, como los ambientales, la idea fundamental es que el proceso de tumorigénesis ocurre en gran medida por la mutación somática de genes. Para el caso del cáncer tenemos entonces que el marco de partición selecciona a las células somáticas como los todos y sus comportamientos “normales” o “cancerosas” representan aquellas propiedades que deben ser explicadas en términos genéticos y moleculares. De hecho, Weinberg y Hahn dos de los más importantes investigadores del cáncer, han afirmado incluso que la complejidad del cáncer podría ser explicada por pocos cambios del genoma de una célula somática.<sup>3</sup> De aquí se fue constituyendo la teoría de los oncogenes y los genes supresores de tumor, los cuales codifican para proteínas de las vías que regulan el comportamiento celular social y el comportamiento proliferativo de las células dentro del cuerpo (cf. Alberts *et al.*, 2014; Boerner, 2004; Coleman, 2008; Hanahan & Weinberg, 2011). Ambos tipos de genes expresan proteínas relacionadas con mecanismos de muerte celular, inhibición a señales, proliferación, diferenciación y migración celular. Y aunque en última instancia dichos mecanismos pueden implicar cientos o miles de genes, y requerir por ello de enfoques “ómicos” (con metodologías computacionales para modelarlos), la idea fundamental de la explicación celular prevalece en tanto que el todo (capacidades de la célula) es producido por las actividades de sus partes (genes y proteínas).

En la figura 2, presento una representación del tipo de entidades, preguntas y relaciones que se establecen en este proyecto explicativo.

### 3.3 EL CÁNCER COMO SISTEMA COMPLEJO:

#### ESTRUCTURAS, ATRACTORES Y MODELOS MATEMÁTICOS

Este enfoque explicativo reconoce las entidades ontológicas como célula y genes, sin embargo plantea la necesidad de ampliar la explicación hacia los modos en que estas partes se autoorganizan en niveles superiores de organización y cómo los principios de estos sistemas pueden dar cuenta de sus propiedades emergentes.

Los diversos enfoques estructuralistas han partido de una crítica general a la insuficiencia del enfoque lineal y reduccionista de una visión genética del cáncer (cf. Ingber, 2002). La idea es que los genes, las células y los tejidos no se encuentran aislados, sino constante interacción y en estructuras mecánicas, con funciones específicas. En este sentido, Soto y Sonnenschein (2006) han criticado la teoría de la mutación

<sup>3</sup> “A pesar de la aparente complejidad del fenotipo del cáncer, los primeros estudios indican que el cáncer podría ser el resultado de muy pocos cambios, quizás uno en el genoma” (Hahn & Weinberg, 2002, p. 331).

somática del cáncer, que parte del supuesto de que el cáncer se deriva de una sola célula somática cuyo estado quiescente es mutado hacia un estado de proliferación, ya que no sólo se habría convertido en una teoría reduccionista (al pretender explicar la complejidad a partir de mecanismos moleculares), sino que habría perdido de vista que el cáncer debe ser estudiado en el nivel donde es identificado, a saber: como una disrup-

### ¿Cómo se produce el cáncer?

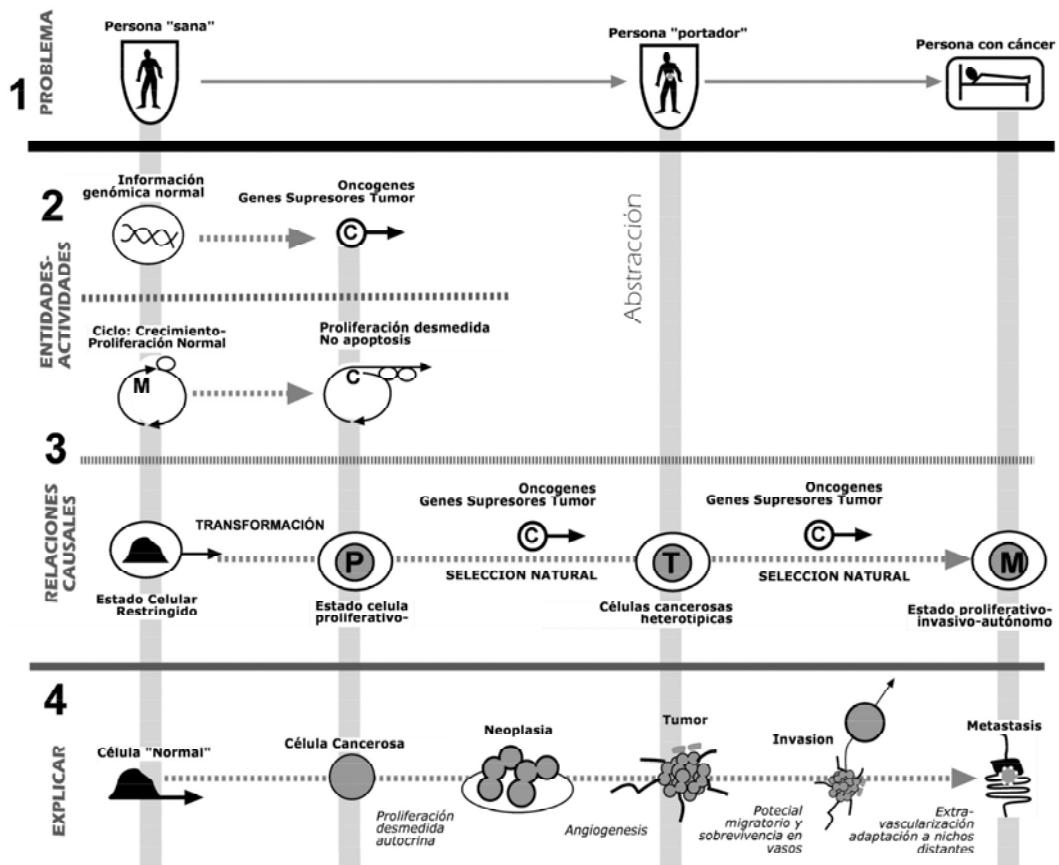


Figura 2. La explicación genética-microevolutiva del cáncer. (1) El problema del cáncer se formula desde el proyecto de explicación mecanicista como la respuesta a una pregunta de tipo funcional y que busca dar cuenta de las cadenas causales. (2) El marco de partición, basado en teorías celulares y moleculares, postula que el cáncer se produce por la mutación somática de oncogenes y genes supresores de tumor. (3) Estos cambios relativos a la regulación del ciclo celular hacen que la célula se transforme hacia un fenotipo celular proliferativo (P), cuyas subsecuentes mutaciones dan lugar, pueden dar lugar a la selección de algunas propiedades cuyas ventajas adaptativas permiten la adquisición de capacidades tumorales (T) y metastásicas (M). (4) La explicación es así una cadena causal que a partir de genes permite explicar el tránsito de una célula a normal a un proceso metastásico, y con ello extrapolar también el tránsito de una persona sana a enferma (1).

ción de las interacciones entre el estroma y el epitelio (parénquima), donde el cáncer sería una propiedad emergente de estas interacciones histológicas.

Desde un enfoque más cercano a la de los sistemas complejos, Huang e Ingber (2006) han propuesto también que la enfermedad no puede comprenderse ni explicarse a partir de células autónomas, sino de un contexto tisular complejo,<sup>4</sup> donde la pregunta fundamental será la que permita explicar cómo esta diversidad de factores produce ciertos estados celulares y tisulares discretos:

Si virtualmente la totalidad de los genes y las proteínas de la red de regulación de todo el genoma se regulan eficazmente como un único sistema integrado, entonces, ¿cómo son las células capaces de integrar, de forma fiable, múltiples señales contradictorias y responder seleccionando sólo uno de los posibles estados de diferenciación? (Ingber, 2003, p. 261)

Necesitamos ir más allá de la búsqueda de mecanismos en rutas individuales y más bien tratar todas las rutas regulatorias de las células como un sistema integrado (Huang & Ingber, 2006, p. 30).

Así, el marco de partición estructuralista se amplía más allá de las vías internas que generan un fenotipo celular, y pone a las células individuales como partes de un todo que las determina también. Son estas interacciones entre el todo tisular, la célula y los procesos intracelulares los que generan de alguna forma respuestas discretas. De hecho, tanto el grupo de Ingber como el de Soto y Sonnenschein, recuperan en sus planteamientos la propuesta de Waddington (1977) donde las posibilidades de los estados celulares estaban restringidas dentro de un paisaje epigenético en el que sólo se podían manifestar ciertos estados celulares como proliferación, diferenciación etc. (cf. Huang, *et al.* 2009).

En los últimos años este enfoque ha cobrado relevancia gracias a la identificación y recopilación de datos sobre procesos sistémicos del cáncer en los diversos niveles de complejidad del organismo. Este tipo de información ha podido ser modelada, por ejemplo, como redes complejas, donde se pueden entender ciertos principios como son su estructura libre de escala de las redes de interacción (cf. Barabasi & Oltvai, 2004), o bien como una explicación no genética de la mecánica histológica (cf. Huang *et al.*, 2009), los procesos de mantenimiento y regeneración tridimensionales (mor-

<sup>4</sup> Contexto que coincide ontológicamente hablando, con el de la visión de Weinberg: "si el cáncer es una enfermedad del desarrollo, entonces la progresión del cáncer no puede ser entendida como un proceso celular autónomo, sino como un proceso influenciado por señales de regulación extracelular del microambiente tisular y la totalidad de las actividades de las células no-neoplásicas en el estroma del tumor" (Huang & Ingber, 2006, p. 29).

fóstasis). El cáncer en tanto enfermedad morfostática se explica como la variación en parámetros que regulan dinámicas de organización y estructuración prioritariamente en el nivel histológico (cf. Potter, 2007). En el nivel del fenotipo celular, estos estados se asocian con programas genéticos que hacen que cada célula exprese su genoma de acuerdo un perfil dado. No se busca analizar un estado genético, ni tampoco explicar el estado celular en función de sus partes, sino que el programa genético corresponde a un estado del transcriptoma para una condición dada, pero estos deben entenderse en función de la dinámica global de las redes de regulación genética, donde todos los genes se codeterminan y restringen de tal modo que la dinámica de la red no cubre todo el espacio de posibilidades, sino estados de expresión discretos para condiciones distintas que marcan ya una trayectoria ontogénica. Así las mutaciones cumplen un papel restringido por los principios auto-organizativos de estas redes de interacción que a su vez se ven moduladas por factores extracelulares no genéticos,<sup>5</sup> de tal modo que un estado arcaico embrionario puede volverse accesible para un fenotipo celular adulto, y con ello recapitular el potencial migratorio, invasivo y proliferativo, sin que haya una alteración mecanicista específica o la generación de cualidades moleculares mutantes. En la figura 3, represento las diversas entidades y preguntas de este tipo de explicación.

### 3.4 EL CÁNCER COMO ENFERMEDAD AMBIENTAL: FACTORES Y RELACIONES ETIOLÓGICAS

Existen dos modos generales de concebir la causalidad del cáncer, aquellas que relacionan la enfermedad con causas llamadas endógenas, es decir debido a alteraciones genéticas o fisiológicas, o bien aquel enfoque que lo relaciona a causas exógenas, es decir causas ambientales (cf. Tomatis & Huff, 2001). Tanto el enfoque genético como el estructural remiten la causalidad prioritariamente a un ámbito endógeno, es decir propio de la dinámica, estructuras o ambientes al interior de cuerpo multicelular. Por su parte en el estudio de las causas exógenas o relacionadas con los cambios temporales y del ambiente podemos ubicar dos perspectivas: la evolutiva, que se preocupa sobre la especificidad del cáncer a partir de estudios paleoncológicos, y la epidemiológica, preocupada sobre todo por poder establecer estrategias de predicción y prevención del cáncer a partir de estudios y evidencias estadísticas. El problema es pues comprender si ciertos factores ambientales o exógenos son causa de la incidencia de cierto tipo de

<sup>5</sup> Para Ingber y Huang, esta modificación vía genética y epigenética del paisaje atractores sería una especie de síntesis de los enfoques hasta ahora encontrados: “El concepto de que los perfiles de expresión genética de los tumores son atractores arcaicos que se vuelven inaccesibles accesible durante la transformación neoplásica une los paradigmas genéticos y no genéticos de la tumorigénesis. Mientras que las mutaciones distorsionan los paisajes epigenéticos, permitiendo que las células utilicen programas de embriones, las influencias reguladoras no genéticas pueden conducir la trayectoria hacia estos atractores normalmente “prohibidos” (Huang & Ingber, 2006, p. 42).

## ¿Cómo emergen los estados cancerosos?

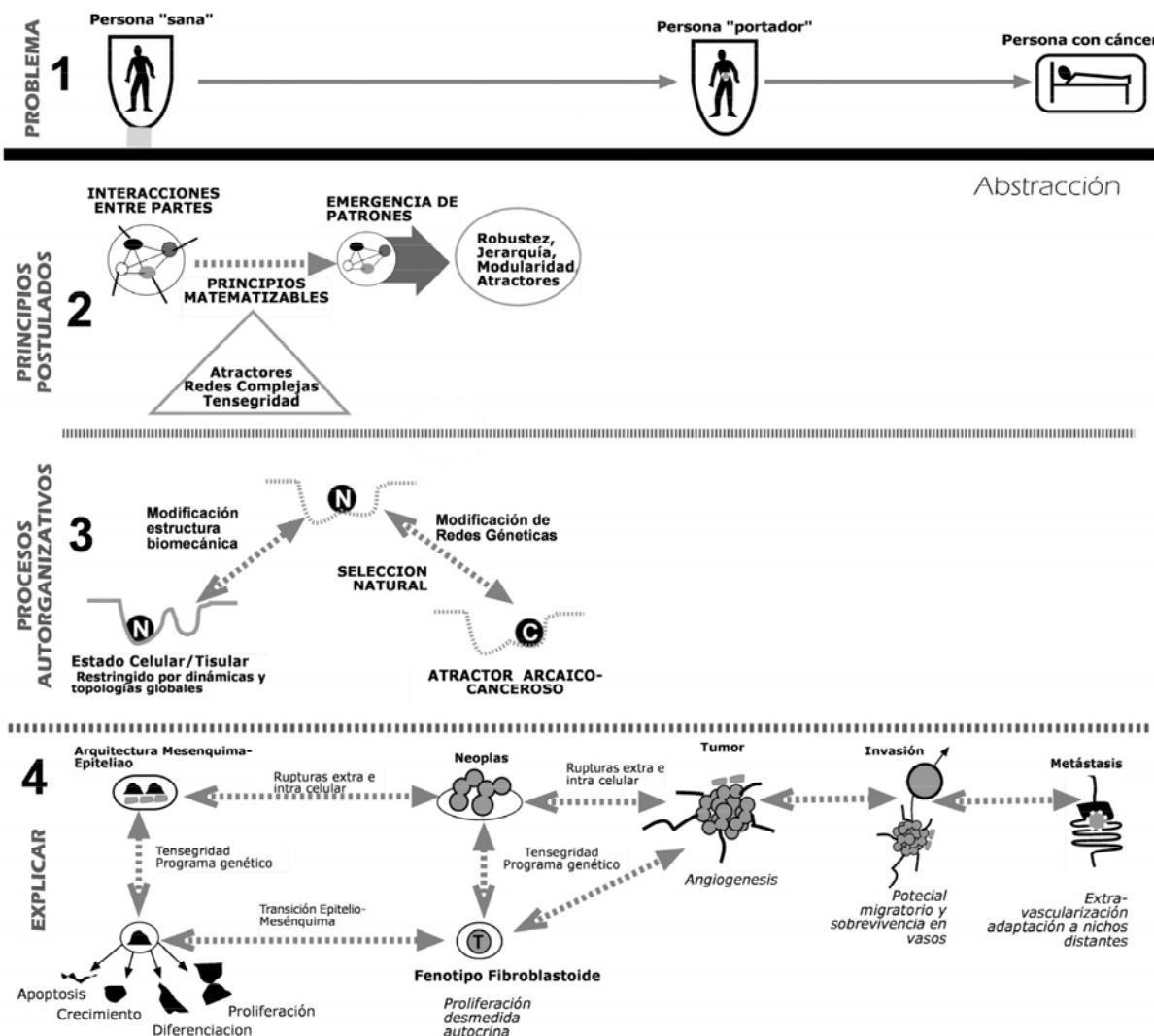


Figura 3. La explicación estructuralista del cáncer. (1) La explicación estructuralista del cáncer se basa en la abstracción de las dinámicas y estados biológicos que son gobernadas por principios autoorganizativos, que pueden ser formuladas matemáticamente y pueden dar cuenta de propiedades emergentes de los sistemas. (2) Una de las explicaciones más desarrolladas equipara la noción de atractor (estado estacionario para trayectorias de dinámicas) con la de programas genéticos o bien estados tisulares discretos. Estos estados serían fruto de la topología específica de la red de regulación genética, así como propiedades globales no genéticas como la su arquitectura mecánica tipo de tensegridad. (3) El cáncer emerge a partir de la modificación mutacional o no genética de estas redes, que hacen accesible y en su caso estable atractores arcaicos que recapitulan programas embrionarios, (4) adquiriendo con esto cualidades fibroblastoides de migración e invasión, y modificando la arquitectura tisular en general.

cáncer sobre individuos y poblaciones. Sin embargo, a diferencia de un enfoque meramente biológico, para el epidemiológico el ambiente es ante todo un ambiente socio-cultural, determinado no por condiciones naturales sino por procesos históricos.

El ambiente es una totalidad biológica y cultural (cf. Lewontin & Levins, 2007). Los factores que inciden o causan un determinado fenómeno canceroso serán la parte de ese ambiente que cobrará relevancia en la explicación. Ahora bien, aunque el ambiente afecta a la totalidad del individuo y de las poblaciones, habrán distintas nociones de partes sobre las que el ambiente estaría actuando: los individuos como parte de una población expuesta a cierto factor, los órganos afectados por cierto de tipo de exposición, las poblaciones de una nación expuesta a cierto tipo de condición cultural.

La relación fundamental será pues entre partes de un ambiente biosocial, o sea, factores o agentes de este ambiente, con diversos niveles-partes de afectación o exposición, o sea, desde ciertas regiones anatómicas de los individuos hasta partes de unas poblaciones. A partir de estudios experimentales, clínicos o de datos estadísticos descriptivos se postula una hipótesis etiológica, es decir una relación causal entre un factor o agente y el cambio en la frecuencia de cierto tipo de cáncer. Con la identificación de factores o agentes medibles, la aplicación de criterios de causalidad que enfrenten la confusión, el prejuicio y la incertidumbre, la hipótesis etiológica se afirma como una causa de la enfermedad con la cual es posible inferir los casos de individuos o poblaciones particulares que son expuestos a estos factores. Así diversos tipos de cáncer son explicados como diversas enfermedades causadas por la exposición a múltiples factores ambientales y estilos culturales, lo que ha hecho plantear al cáncer como una enfermedad diversa y multifactorial (cf. Hayden, 2008).

Mientras que el enfoque genético y estructural concentra su explicación a partir de una causalidad endógena, los estudios buscan explicar, por ejemplo, aquellos estudios de cohorte sobre gemelos que han mostrado que el cáncer es preminentemente una enfermedad causada por el ambiente, más que por factores genéticos heredables (cf. Lichtenstein *et al.*, 2000). Así, los factores ambientales son más importantes que los factores hereditarios para explicar las variaciones del cáncer entre grupos, y éstos, lejos de ser organismos y ambientes homogéneos, deben entenderse en su diversidad sociocultural, con ciertos estilos de vida (Adami *et al.*, 2004).

Esta explicación epidemiológica da contenido a las bases estadísticas y de prevención de los reportes mundiales sobre el cáncer, donde se afirma que, de los 10 millones de casos nuevos detectados cada año, al menos un tercio son prevenibles por medios tales como el control de tabaco y alcohol, moderación en el régimen alimenticio, vacunación contra la hepatitis viral B. El 43% de las muertes son causados por estos factores (cf. WHO, 2005).

¿Qué tipo de explicaciones o relaciones causales se producen para justificar esta perspectiva preventiva? Uno de los ejemplos más importante en la historia de la epidemiología del cáncer es sin lugar a dudas, el efecto carcinógeno del tabaco, que fue desarrollándose a partir de los trabajos realizados en el siglo xix que coincidía con la comercialización e industrialización masiva del tabaco. El gran incremento en el hábito de fumar después de la segunda guerra mundial hizo que la incidencia de cáncer de pulmón se convirtiera en una de las principales causas de muerte en países como Inglaterra o Estados Unidos, quienes gracias a este tipo de estudios, comenzaron a adoptar medidas para contrarrestar este consumo obteniendo, luego de varias décadas, efectos en la disminución de varios tipos de cáncer. No ocurrió lo mismo para los países en desarrollo quienes se vieron invadidos por las grandes industrias tabacaleras que movieron sus mercados a estas zonas con menos restricciones. El cáncer de pulmón se incrementó en casi un 30% con respecto a 1990 y el tabaco es la principal causa. Sin embargo, hay otros tipos de cáncer que se incrementan con el uso de tabaco, como son cáncer de páncreas, riñón, hígado, laringe, boca, faringe, y esófago, así como de estómago (cf. Hill, 1761).

Otro rubro de factores causales son aquellos relacionados con el exceso de peso, el consumo elevado de alcohol, asociados a muchos tipos de cáncer como los de esófago, colón, riñón, mama. Y aunque no ha habido un factor dietético aislado que muestre de manera mecanicista un fuerte y consistente efecto carcinógeno, si hay consenso en que el cáncer es más común en aquellos que tienen sobrepeso. Algunos estudios de cohorte para no fumadores en Estados Unidos muestran que por lo menos un 10% de todas las muertes por cáncer en no fumadores estadounidenses es causado por sobrepeso (Peto, 2001). De hecho, se estima que los factores dietéticos provocan el 30% de los cánceres en el mundo desarrollado y 20% en los países en desarrollo. Y es que, en los países con alto ingreso económico, la gente está comiendo más y ejercitándose menos, provocando un incremento en el peso corporal. A estos factores se han agregado aquellos relacionados con cambios hormonales y también con mecanismos infecciosos como los de Hepatitis C, entre otros.

Gran parte de estas investigaciones epidemiológicas son dirigidas hacia posibles intervenciones y prevenciones, en tanto que se puede mostrar que el cáncer es fundamentalmente una enfermedad causada por factores socioculturales comprensibles y en cierto sentido modificables. En la figura 4, represento las entidades y relaciones causales que se usan en este tipo de explicación.

## ¿Qué factores son causa del cáncer?

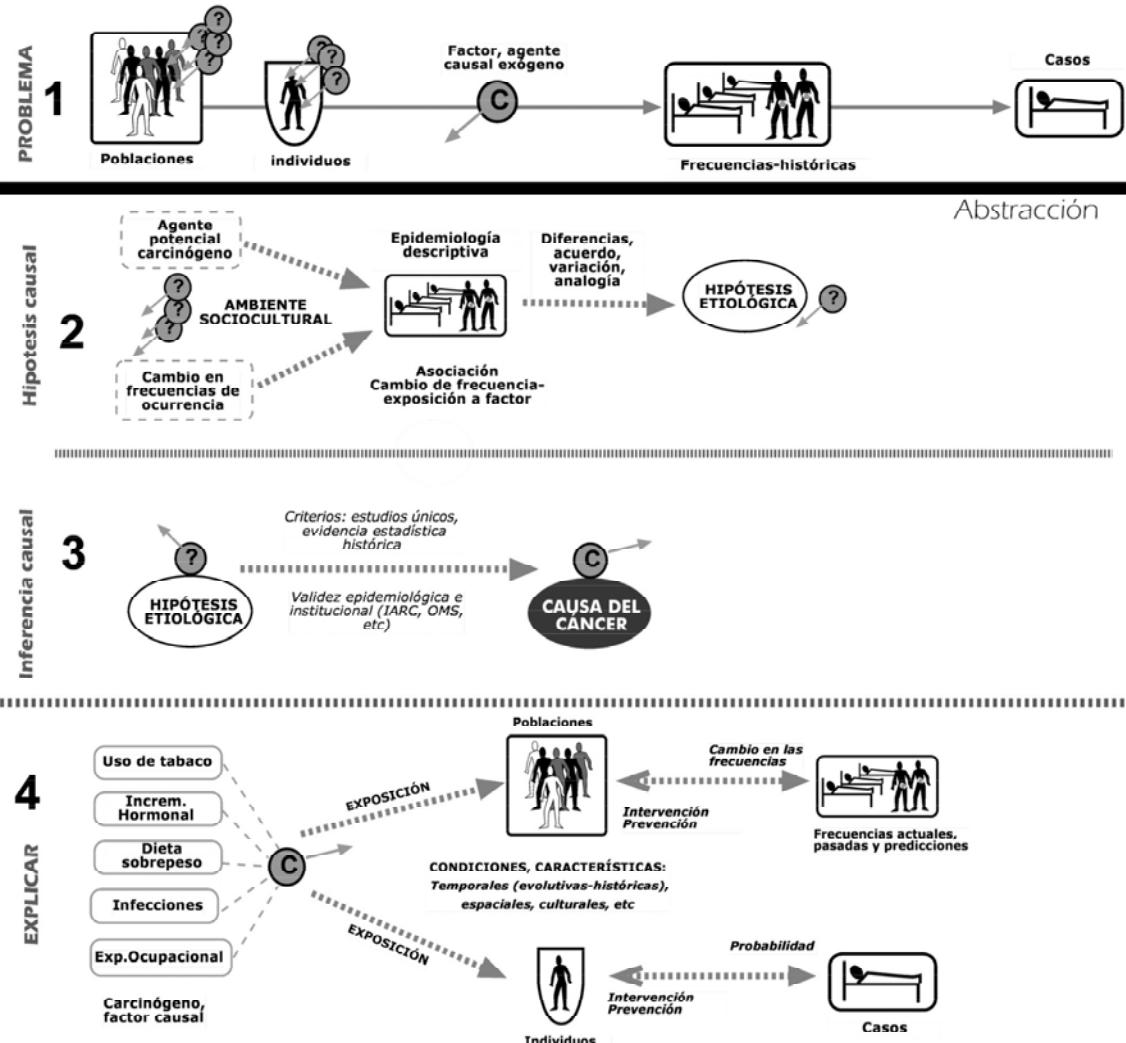


Figura 4. El cáncer como enfermedad ambiental, sociocultural. (1) La explicación epidemiológica del cáncer busca explicar las variaciones históricas y evolutivas de la incidencia del cáncer. (2) A partir de datos experimentales y descripciones epidemiológicas se postula una hipótesis etiológica que busca abstraer el factor determinante y causal para un cambio en la incidencia del cierto tipo de cáncer. (3) El paso de una hipótesis etiológica a una relación causal ha requerido innumerables pruebas y criterios que buscan dotar de evidencia y validez a la inferencia causal. (4) Una vez que se han establecidos sus principales causas, el cáncer ha sido explicado a como una enfermedad prevenible, en tanto que cerca del 70% es causado por factores relacionados con el consumo de tabaco, incremento hormonal, sobre peso, infecciones virales o bacteriales, así como la exposición laboral a agentes carcinógenos.

#### 4 HACIA UN PLURALISMO CONVERGENTE.

##### LA EXPLICACIÓN PARTE-TODO DEL CÁNCER: DISYUNTIVAS Y COMPLEMENTARIEDADES

La explicación epidemiológica, mecanicista y estructuralista del cáncer que hemos planteado bajo un mismo marco epistémico de relación parte-todo, se presentan históricamente como enfoques que cobran auge de acuerdo a las promesas que cada marco plantea con respecto a la posibilidad de comprender, explicar y en su caso prevenir o curar el cáncer. Este interés práctico si bien está presente en toda explicación científica, cobra en el caso del cáncer una relevancia fundamental en tanto que la necesidad, la exigencia y la carga del cáncer sobre los individuos y poblaciones humanas, justifica el apoyo y el financiamiento público a la ciencia del cáncer. Este interés nos recuerda además la carga valorativa y normativa que subyace ya en cada uno de los *explanandum* de la enfermedad, tanto porque establece un criterio para definir lo que es normal y lo que es la enfermedad, como por el horizonte correctivo o terapéutico de la investigación.

En términos históricos, es posible ver que este contexto social ha modelado los criterios de verdad y validez de las diversas investigaciones. Cuando el conocimiento estructural y mecanicista de la enfermedad no se conocía con detalle (antes de principios siglo xx) la explicación epidemiológica era la única vía para dar cuenta y sobre todo proponer intervenciones para combatir la enfermedad. La metodología de abstracción y la carga teórica sólo podía caracterizar en un primer momento las condiciones ambientales, ocupaciones y sociales bajo las cuales ocurría la enfermedad. Con el énfasis y desarrollo de conocimiento sobre las estructuras y procesos patológicos celulares la explicación mecanicista y estructuralista podría avocarse no ya sobre las causas exógenas de la enfermedad, que además no son experimentables, sino sobre los procesos endógenos que podían ser abstraídos y analizados con metodologías y tecnologías científicas. Desde su nacimiento este énfasis sobre los procesos endógenos y sub-celulares estaría en tensión con una visión estructural que no reducía todo a la caracterización genética o molecular de las partes (cf. Stone *et al.*, 2003).

Los criterios de validez de cada modo de abstracción tenían relación con los criterios de verdad de las conclusiones científicas, por ejemplo, para establecer una relación causal entre alguna sustancia de la industria y sus trabajadores. En los años 1960, las conclusiones epidemiológicas debían fundamentarse genética y experimentalmente, a partir de los años 1970 se fue virando otra vez hacia criterios epidemiológicos para establecer una relación causal. En medio de estas consideraciones epistémicas se encuentran intereses y criterios que trascienden la esfera científica y que tienen que ver con las implicaciones económicas, industriales y políticas que puede tener una deter-

minada explicación del cáncer, por ejemplo, para prohibir la utilización o venta de ciertos productos carcinógenos, entre otros (cf. Epstein, 2005).

A pesar de esta complejidad social y valorativa de la explicación del cáncer, en este artículo he mostrado que es posible caracterizar los distintos proyectos de acuerdo al enfoque de explicación parte-todo propuesto por Winther. Es claro que el modelo de abstracción de Winther-Levins no tiene una relación uno-a-uno con el problema del cáncer, por ejemplo, en mi caso he puesto en segundo lugar las explicaciones evolutivas, por la explicación epidemiológica (en tanto adquiere más relevancia en la ciencia del cáncer), sin embargo esto confirma la necesaria distinción entre el campo biomédico y clínico, que habrá que explorar con más detalle, y que se relaciona con el carácter normativo y social que trae toda concepción de lo patológico, o sea, no sólo se busca explicar el pasado sino prevenir en el futuro. Pese a estas diferencias sí podemos afirmar que cada uno de los proyectos de investigación sobre el cáncer que he presentado, abstraen determinadas partes y todos de acuerdo a preguntas y criterios propios de su función social, y su poder explicativo se juega en el modo en que muestran las relaciones entre sus partes y sus totalidades para responder a las preguntas sobre el qué es, como se origina y cómo se previene la enfermedad.

¿Qué tipo de complementaridad puede haber en esta diversidad de proyectos? En el caso de Winther la explicación parte-todo corresponde a un campo amplio donde se puede ubicar la individuación de los diversos proyectos explicativos, pero que busca la complementariedad de estos enfoques:

En vez de respaldar esta interpretación de la competencia explicativa en la que la fuerza explicativa de un proyecto parece quitar la fuerza explicativa de otro, en un modo de suma cero, yo defiendo la complementariedad explicativa. De hecho, los proyectos no están irreduciblemente en tensión, ya sea conceptual o empíricamente. La tensión puede ser superada. Los proyectos deberían ser integrados y así ganarían fuerza (Winther, 2009, p. 420).

En el caso del cáncer podemos ver ejemplos de esta complementariedad, en tanto que una visión mecanicista y la estructuralista finalmente pueden ser articuladas en una visión sistémica donde son importantes tantos los mecanismos, los genes y las vías de regulación, como las restricciones autorganizativas de los procesos. El ejemplo claro de esto es la propuesta del cáncer como una enfermedad histológica que toma en cuenta tanto principios sistémicos como los de tenseridad, como los mecanismos y estructuras sobre las que ésta propiedad se genera (como los microtúbulos y los filamentos de actina). Ambas explicaciones buscan dar cuenta tanto del fenotipo celular

canceroso, como del modo en que una neoplasia va evolucionando hacia un proceso invasivo y metastático.

Por su parte, la relación entre el enfoque epidemiológico con la explicación genética reside en que la relación causal entre un factor exógeno con el cambio de frecuencia, requiere una visión de cómo dichos factores pueden estar produciendo estos cambios.

En las diversas definiciones del cáncer que aparecen en la literatura (cf. Valadez-Blanco, 2008, 2011), se puede ver este esfuerzo de complementariedad, donde se concibe al cáncer como un conjunto diverso de enfermedades causadas principalmente por factores ambientales (explicados por la epidemiología) y que estarían actuando sobre los procesos y estructuras histológicas y moleculares (explicados por la visión mecanicista y estructuralista).

## CONCLUSIONES

En este trabajo he retomado la noción de abstracción como formas de partición de los problemas complejos y concretos. He mostrado que dicha categoría representa una buena forma de anclar la diversidad de proyectos explicativos a sus constreñimientos sociales. Esta consideración del sujeto y el contexto de la abstracción, de su práctica, y su historia, no socava la objetividad, sino que la socializa y la amplía a la diversidad de prácticas. Es gracias a esta visión ampliada de las abstracciones como necesariamente situadas y limitadas que se puede mostrar cuando éstas, en sus debates y tensiones, se exceden, invierten o confunden la abstracción con lo concreto, la teoría con la realidad, por ejemplo cuando se define al cáncer sólo como una enfermedad genética. En la perspectiva de Winther, esto sería el carácter pernicioso de la abstracción que debiera ser recordado:

Los proyectos son heurísticas que no deberían estar ontológicamente solidificadas; sino que deben (**i**) entrar en diálogo con los demás y los datos (obteniendo con ello robustez *sensu*) y, en última instancia, (**ii**) ellos mismos se ven como aspectos distintos y complementarios de un campo explicativo de nivel más alto, integrado y robusto (Winther 2009, p. 420).

En este artículo he incorporado esta crítica a la reificación, buscado con ello contribuir también a una tesis más responsable del pluralismo de corte epistemológico y ontológico, donde no sólo se afirma la necesidad de las diferentes teorías o modelos

científicas, sino también se plantea un principio normativo (no confundir lo abstracto con lo concreto) para evitar o superar los abusos en el proceso de abstracción que cada proyecto, práctica e institución puede estar afirmando. Es gracias a los postulados de un pluralismo que se hace posible desvelar los excesos de la abstracción, toda vez que nuestras ontologías son cuestionadas desde aquellos que ven lo que nosotros no.

Esta desiderata anti-reificacionista y pluralista cabe muy bien en la explicación del cáncer: por un lado en la necesidad de poner en dialogo los presupuestos ontológicos que subyacen en las conclusiones y explicaciones que se hacen, y por el otro en advertir que una reificación sobre la explicación del cáncer tiene implicaciones morales y sociales que deben ser consideradas a la hora de pretender establecer y detener el dominio ontológico y la validez epistémica de cierto tipo de explicaciones.❷

**AGRADECIMIENTOS.** A Rasmus Winther, Mario Casanueva, Carlos López y Andrea González. Este trabajo fue realizado en gran medida por tres apoyos institucionales: la Beca de posgrado de CONACYT en el programa de maestría en Humanidades de la UAM-Iztapalapa; el proyecto Herramienta Cognitiva para la Transmisión Visual del Conocimiento de la UAM-C y finalmente el proyecto CONACYT #182084 sobre Representación y Modelización del Conocimiento.

*Octavio VALADEZ-BLANCO*

Investigador posdoctoral.

Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México.

*hoktavius@yahoo.com.mx*

## Abstractions, parts, and explanations in cancer sciences

### ABSTRACT

Most often our societies must deal with complex problems that require the look and involvement of multiple scientific and philosophical practice. This is the case of cancer, which is configured as the leading cause of death in the world and as a multifactorial and complex disease. In this paper I recover and use the notion of abstraction worked Levins and Winther who understand it as a necessary moment of science by which parts, wholes and relationships about specific problems are established. Under this view, the plurality of explanations about cancer can be understood as different partition frames, and as the joint and sometimes tension of at least three explanatory projects: the molecular, the epidemiological and the structuralist. In this paper I compare the abstractions that are made from these projects, analyzing his speeches and how they justify their explanatory power. The notion of abstraction allows us to observe how each practice can turn abstractions into concrete realities, and idealizes, that is, reified abstractions that were historically limited, causing detrimental effects on different levels. Thus, this work contributes to a more responsible and pluralistic research about the complex problems such as cancer.

**KEYWORDS** • Abstraction. Pluralism. Explanation. Cancer. Reification.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI, H.-O. et al. Identifying cancer causes through epidemiology. In: ALISON, M. R. (Ed.). *The cancer handbook*. New York: Wiley, 2004. p. 259-72.
- ALBERTS, B. et al. *Molecular biology of the cell*. 6 ed. New York: Garland Science, 2014.
- ALISON, M. R. (Ed.). *The cancer handbook*. New York: Wiley, 2004.
- BARABASI, A.-L. & OLTVAI, Z. N. Network biology: understanding the cell's functional organization. *Nature Reviews Genetics*, 5, 2, p. 101-13, 2004.
- BOERNER, J. Overview of oncogenesis. In: ALISON, M. R. (Ed.). *The cancer handbook*. New York: Wiley, 2004. p. 25-34.
- CASANUEVA, M. Los modelos en la filosofía de la ciencia. In: AUSTIN, A. L. (Ed.). *El modelo en la ciencia y la cultura*. México: Siglo XXI, 2005. p. 29-53
- CHANGEUX, J.-P.; RICOEUR, P. *La naturaleza y la norma: lo que nos hace pensar*. México: Fondo de Cultura Económica, 2001.
- COLEMAN, C. The contribution of ethics to public health. *Bulletin of the World Health Organization*, 86, 8, p. 578, 1 ago. 2008.
- COLEMAN, W. B. & TSONGALIS, G. J. *The molecular basis of human cancer*. Totowa: Humana Press, 2001.
- EBERLE, R. et al. Hempel and Oppenheim on explanation. *Philosophy of Science*, 28, 4, p. 418-28, 1961.
- EPSTEIN, S. S. *Cancer-gate: how to win the losing cancer war*. Amityville: Baywood, 2005.
- GIERE, R. N. How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 5, p. 742-52, 2004.
- GLENNAN, S. Rethinking mechanistic explanation. *Philosophy of Science*, 69, 3, p. 342-53, 2002.
- GOODWIN, B. C. *How the leopard changed its spots: the evolution of complexity*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- HACKING, I. *Representar e intervenir*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 1996.
- HANAHAN, D. & WEINBERG, R. A. Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, 144, 5, p. 646-74, 2011.
- HARDING, S. *Objectivity and diversity: another logic of scientific research*. Chicago: University of Chicago Press, 2015.
- HAYDEN, E. C. Cancer complexity slows quest for cure. *Nature News*, 455, 7210, p. 148, 4 set. 2008.
- HILL, J. *Cautions against the immoderate use of snuff: founded on the known qualities of the tobacco plant: and the effects it must produce when this way taken into the body: and enforced by instances of persons who have perished miserably of diseases, occasioned, or rendered incurable by its use*. 2 ed. London: Baldwin/ Jackson, 1761.
- HUANG, S. et al. Cancer attractors: a systems view of tumors from a gene network dynamics and developmental perspective. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 20, 7, p. 869-76, 2009.
- HUANG, S. & INGBER, D. E. A non-genetic basis for cancer progression and metastasis: self-organizing attractors in cell regulatory networks. *Breast Disease*, 26, p. 27-54, 2006.
- INGBER, D. E. Cancer as a disease of epithelial-mesenchymal interactions and extracellular matrix regulation. *Differentiation; Research in Biological Diversity*, 70, 9-10, p. 547-60, 2002.
- \_\_\_\_\_. Tensegrity II. How structural networks influence cellular information processing networks. *Journal of Cell Science*, 116, 8, p. 1397-408, 2003.
- KAPLAN, J. M. & WINTHROP, R. G. Prisoners of Abstraction? The Theory and Measure of Genetic Variation, and the Very Concept of "Race". *Biological Theory*, v. 7, n. 1, p. 401-12, 2013.
- KAUFFMAN, S. A. The sciences of complexity and "Origins of order". *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1990. v. 2, p. 299-322.
- KELLER, E. F. Models of and models for: theory and practice in contemporary biology. *Philosophy of Science*, 67, p. 72-86, 2000.
- KOSÍK, K. *Dialectica de lo concreto*. México: Grijalbo, 1967.

- LEVINS, R. Strategies of abstraction. *Biology and Philosophy*, 21, 5, p. 741-55, 2006.
- LEVINS, R. & LEWONTIN, R. *The dialectical biologist*. Cambridge: Harvard University Press, 1987.
- LEWONTIN, R. & LEVINS, R. *Biology under the influence: dialectical essays on ecology, agriculture, and health*. New York: Monthly Review Press, 2007.
- LICHTENSTEIN, P. et al. Environmental and heritable factors in the causation of cancer—analyses of cohorts of twins from Sweden, Denmark, and Finland. *The New England Journal of Medicine*, 343, 2, p. 78-85, 2000.
- MACHAMER, P.; DARDEN, L. & CRAVER, C. F. Thinking about mechanisms. *Philosophy of Science*, 67, 1, p. 1-25, 2000.
- MOL, A. *The body multiple: ontology in medical practice*. Durham: Duke University Press Books, 2003.
- PETO, J. Cancer epidemiology in the last century and the next decade. *Nature*, 411, 6835, p. 390-5, 2001.
- POTTER, J. D. Morphogens, morphostats, microarchitecture and malignancy. *Nature Reviews of Cancer*, 7, 6, p. 464-74, 2007.
- RHEINBERGER, H. J. *An epistemology of the concrete: twentieth-century histories of life*. Durham: Duke University Press Books, 2010.
- RORTY, R. *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. 3 ed. Madrid: Cátedra, 1995.
- ROSEN, G. Abstract Objects. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2014. Disponible en: <Abstract Objects (Stanford Encyclopedia of Philosophy/Fall 2014 Edition)>. Acceso en: 20 oct. 2015.
- SALMON, W. C. *Four decades scientific explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1990.
- SOTO, A. M. & SONNENSCHEIN, C. Emergentism by default: a view from the bench. *Synthese*, 151, 3, p. 361-76, 2006.
- STONE, M. J. et al. History of the Baylor Charles A. Sammons Cancer Center. *Proceedings (Baylor University Medical Center)*, 16, 1, p. 30-58, 2003.
- TOMATIS, L. & HUFF, J. Evolution of cancer etiology and primary prevention. *Environmental Health Perspectives*, 109, 10, p. 458-60, 2001.
- VALADEZ-BLANCO, E. O. *El cáncer como enfermedad compleja: redes y niveles de organización*. Tesis de Licenciatura (Licenciado en Investigación Biomédica Básica)-UNAM—México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
- . *La parte y el todo en la explicación científica del cáncer*. Maestría—México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana -Iztapalapa, 2011.
- VAN FRAASSEN, B. C. *Scientific representation: paradoxes of perspective*. Oxford: Oxford University Press, 2008.
- WADDINGTON, C. H. *Tools for thought: how to understand and apply the latest scientific techniques of problem solving*. New York: Basic Books, 1977.
- WINTHER, R. G. On the dangers of making scientific models ontologically independent: taking Richard Levins' warnings seriously. *Biology and Philosophy*, 21, 5, p. 703-324, 2006.
- . Part-whole science. *Synthese*, 178, 3, p. 397-427, 2009.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global action against cancer now!* Geneva: International Union against Cancer, 2005. (WHO)
- . *World cancer report 2014*. Lyon: International Agency for Research in Cancer, 2014. (WHO)



## Referências Iconográficas

### Fig. Capa

Constructo animal 1

Foto de Letícia Freire

### Fig. p. 44

Serie de imágenes fijas sucesivas que aparentan el movimiento de objetos...

Disponible en: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/file/Muybridge\\_race\\_horse\\_gallo\\_p.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/file/Muybridge_race_horse_gallo_p.jpg)>.

### Fig. 1 p. 54

Euclides I.1.

Imagen producida por el autor.

### Fig. 2 p. 55

Inverso de Euclides I.1.

Imagen producida por el autor.

### Fig. 3 p. 56

Diagramas de Venn isomórficos.

Imagen producida por el autor.

### Fig. 4 p. 60

Notación gráfica del tensor de Penrose.

PENROSE, R. *The road to reality: a complete guide to the laws of the universe*. London: Jonathan Cape, 2004. p. 241, fig. 12.17.

### Fig. p. 64

Parte del modelo de paisaje epigenético que corresponde a la historia...

WADDINGTON, C. H. *The strategy of the gene*. London: Routledge, 1957. p. 29, fig. 4.

### Fig. 1 p. 67

Representación de cuencas conceptuales.

Imagen producida por los autores.

### Fig. 2 p. 70

Representación de cuencas conceptuales en el emisor y en el receptor.

Imagen producida por los autores.

### Fig. 3 p. 73

De arriba hacia abajo seis instantes en el proceso de relajación para simulaciones...

Imagen producida por los autores.

### Fig. 4 p. 76

Aparición y desaparición de cuencas. La figura muestra la creación (a) y la...

Imagen producida por los autores.

**Fig. 5 p. 77**

Condensación y discriminación de cuencas. La figura muestra de que modo las...  
Imagen producida por los autores.

**Fig. 6 p. 78**

Situación de pensamiento hipotético. La secuencia muestra la aparición de...  
Imagen producida por los autores.

**Fig. 7 p. 81**

Composición conceptual multínivel.  
Imagen producida por los autores.

**Fig. 8 p. 84**

Comparación de datos experimentales en sujetos y en simulaciones. A la izquierda...  
Imagen producida por los autores.

**Fig. 1 p. 144**

Observamos como después de un año la fracción de recuperados  $R_t$  es mayor...  
Imagen producida por la autora.

**Fig. 2 p. 145**

Observamos como la población susceptible en la simulación inicia siendo...  
Imagen producida por la autora.

**Fig. 1 p. 177**

Ilustración de la potencia heurística de la imágenes. Se muestran diferentes...  
Imagen producida por los autores

**Fig. 2 p. 179**

Versión sintética del dogma central de la biología molecular...  
MACHAMER, P.; DARREN, L. & CRAVER, C. F. Thinking about mechanisms, *Philosophy of Science*, 67, p. 1-25. 2000. p. 16.  
WATSON, J. D. *Molecular biology of the gene*. New York: Benjamin Wims, 1965. p. 298.

**Fig. 3 p. 180**

Diagrama del mecanismo de síntesis de proteínas...  
DARREN, L. Mechanisms versus causes in biology and medicine. In: CHAO, H.; CHEN, S. & MILLSTEIN, R. (Ed.). *Mechanism and causality in biology and economics*. Dordrecht: Springer, 2013. p. 22.

**Fig. 4 p. 186**

Diagrama del mecanismo de síntesis de proteínas que destaca los flujos informativos...  
Imagen producida por los autores.

**Fig. 5 p. 189**

Estados de ocupación sucesivos de los diferentes sitios del ribosoma. La columna...  
Imagen producida por los autores.

**Fig. p. 198**

Representación prehispánica mesoamericana de las mazorcas de maíz.

Disponible en: <[https://jornadabc.mx/sites/default/files/styles/660x440/public/images/screenshot\\_2015-11-28\\_at\\_15.10.23.png?itok=FUMtFwNb](https://jornadabc.mx/sites/default/files/styles/660x440/public/images/screenshot_2015-11-28_at_15.10.23.png?itok=FUMtFwNb)>.

**Fig. 1, 2, 3 p. 204**

Aspectos de la sala Pueblos Indígenas.

Imágenes producidas por el autor.

**Fig. 4, 5, 6 p. 205**

Aspectos de la sala Pureecherío.

Imágenes producidas por el autor.

**Fig. 7, 8, 9 p. 206**

Aspectos de la sala Oaxaca.

Imágenes producidas por el autor.

**Fig. 10 p. 213**

Reconstrucción de la Conceptuación de la Economía Campesina Indígena en...

Diagrama producido por el autor.

**Fig. p. 230**

Imagen de resonancia magnética funcional de una cabeza humana...

Wellcome Images - Creative commons. Disponible en: <<https://www.psypost.org/wp-content/uploads>>.

**Tabla 1 p. 238**

Nociones ontológicas presentes en los proyectos de explicación “parte-todo”...

Tabla producida por el autor.

**Fig. 1 p. 240**

Entidades y relaciones explicativas en el cáncer. La comprensión del organismo...

Imagen producida por el autor.

**Fig. 2 p. 242**

La explicación genética-microevolutiva del cáncer. (1) El problema del cáncer...

Imagen producida por el autor.

**Fig. 3 p. 245**

La explicación estructuralista del cáncer. (1) La explicación estructuralista del cáncer...

Imagen producida por el autor.

**Fig. 4 p. 248**

El cáncer como enfermedad ambiental, sociocultural. (1) La explicación...

Imagen producida por el autor.





## Contents

### ARTICLES

Introduction: models, images and representations <i>Mario CASANUEVA &amp; Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN</i>	9
Processes and products: nature and epistemic contribution of idealizations in science <i>Mónica AGUILAR MARTÍNEZ</i>	19
Pictures as epistemic tools <i>Axel Arturo BARCELÓ</i>	45
Dynamic landscapes to model communication and learning <i>Miguel FUENTES &amp; Hernán MIGUEL</i>	65
Can we get rid of mental representation models in cognitive science? <i>Melina CASTELUM VARGAS</i>	95
Sentimental model for epistemic arrogance <i>Ximena GONZÁLEZ-GRANDÓN</i>	123
Scientific models: the problema of representation <i>Olimpia LOMBARDI, Hernán ACORINTI &amp; Juan Camilo MARTÍNEZ</i>	151
Informational flows, mechanisms and models in protein synthesis <i>Mario CASANUEVA &amp; Rubén MADRIGAL</i>	175
Theories of peasant economy at the National Museum of Anthropology in Mexico City <i>Diego MÉNDEZ</i>	199
Abstractions, parts, and explanations in cancer sciences <i>Octavio VALADEZ-BLANCO</i>	231



# SCIENTIÆ studia

tem por objetivo dar visibilidade à produção acadêmica nas áreas de filosofia e história da ciência sem descuidar das contribuições de áreas afins, como a sociologia da ciência e da tecnologia, a história da técnica e a filosofia da tecnologia. A revista tem uma linha temática claramente devotada muito precisamente aos estudos filosóficos e históricos sobre a ciência, entendida na acepção ampla de ciência exata, natural e humana, e ao impacto da aplicação técnica e tecnológica no conjunto da cultura e da sociedade. A revista **Scientiæ studia** visa assim, desde o início, publicar contribuições que procurem entender a ciência como manifestação da cultura e expressão do estágio atual do processo civilizatório, analisando os aspectos internos, que podem caracterizar racional e autonomamente a ciência, e detendo-se também no conjunto dos valores sociais que dão sustentação às práticas científicas e tecnológicas, nas quais se põe a questão da responsabilidade ética e social dos cientistas e tecnólogos.

**Scientiæ studia** está dirigida à comunidade científica e acadêmica de línguas portuguesa e espanhola, visando assim não só a difusão dos estudos críticos (históricos, epistemológicos, éticos) sobre a ciência e a tecnologia, mas também uma maior integração linguística e cultural entre os países da América Latina.

# SCIENTIÆ studia

tiene el objetivo de dar visibilidad a la producción académica en las áreas de filosofía e historia de la ciencia sin descuidar las contribuciones de áreas afines, como la sociología de la ciencia y la tecnología, la historia de la técnica y la filosofía de la tecnología. La revista tiene una línea temática claramente dedicada justamente a los estudios filosóficos e históricos sobre la ciencia, entendida en la acepción amplia de la ciencia exacta, natural e humana, y al impacto de la aplicación técnica y tecnológica en el conjunto de la cultura y la sociedad. Desde sus inicios, la revista **Scientiæ studia** viene publicando contribuciones que procuren entender la ciencia como manifestación de la cultura y expresión del estado actual del proceso civilizatorio, analizando los aspectos internos, que pueden caracterizar racional y autónomamente la ciencia, y deteniéndose también en el conjunto de los valores sociales que dan sustento a las prácticas científicas y tecnológicas, en las cuales se pone en cuestión la responsabilidad ética y social de los científicos y tecnólogos.

**Scientiæ studia** se dirige a la comunidad científica y académica de lenguas portuguesa y española, relevando de este modo no sólo la difusión de los estudios críticos (históricos, epistemológicos, éticos) sobre la ciencia y la tecnología, sino también una mayor integración lingüística y cultural entre los países de América Latina.

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Nada que se encontre nestas regras substitui um exame atento e criterioso dos modos de citação e de refrênciaria bibliográfica usados em artigos já publicados na revista *Scientiae Studia*.

- A revista publica textos em português e espanhol.
- Os originais devem ser enviados em formato eletrônico para [secretaria@scientiaeestudia.org.br](mailto:secretaria@scientiaeestudia.org.br) na extensão .doc ou .docx ou .rtf. Quando contiverem fórmulas matemáticas ou outros sinais que dependam de editores especiais, devem ser enviados também em .pdf.
- O texto não deve exceder as 12.000 palavras, incluídas as notas e a bibliografia ao final.
- Solicitamos que o arquivo contenha, antes do texto do artigo, nome(s) do(s) autor(es), instituição(ões) a que pertence(m), por extenso, endereço(s) completo(s) e até 4 linhas de informações profissionais, sobre cada autor.
- Os artigos devem ter título em português e em inglês; devem vir acompanhados de resumo em português e *abstract* em inglês, com preferencialmente até 250 palavras e devem apresentar de cinco a dez palavras-chave em português e de cinco a dez *keywords* em inglês.
- Os títulos e subtítulos das seções devem ser numerados sucessivamente a partir da unidade. Atenção, pois Introdução e Conclusão não são numeradas; assim, a seção que segue a Introdução será a seção 1.
- Pede-se que o(s) autor(es) não destaque(m) termos ou expressões no texto por meio de itálico. O itálico é utilizado para termos ou expressões em língua estrangeira e também para títulos de obras (livros).
- Citações, transcrições ou epígrafes em língua estrangeira devem vir entre aspas. Citações que ultrapassem as 4 linhas de texto devem ser colocadas no modo de citação com recuos a direita e à esquerda de 1,2 cm.
- Figuras, gravuras, ilustrações e desenhos em geral, gráficos e tabelas devem ser apresentados em páginas separadas, ou seja, um arquivo eletrônico em .jpg ou .tif para cada imagem. As Imagens devem ser escaneadas em tons de cinza, com resolução mínima de 300 dpi e em tamanho grande.
- Todas as imagens devem vir acompanhadas de legendas, com a devida numeração. As legendas devem estar todas reunidas em um arquivo específico chamado Legendas.
- As notas devem ser digitadas no rodapé do texto. O artigo não deve conter notas nas duas primeiras páginas e nas duas últimas páginas. Agradecimentos e outras anotações devem ser feitas ao final do artigo.
- Citações e menções a autores no correr do texto devem subordinar-se à forma (sobrenome do autor, data) ou (sobrenome do autor, data, página). Devem estar no corpo do texto e não em notas.
- As referências bibliográficas deverão ser listadas ao final do artigo, em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor e obedecendo à data de publicação, ou seja, do trabalho mais antigo para o mais recente. Não devem ser abreviados títulos de periódicos, livros, nomes de editoras e de cidades. Recomenda-se especial atenção dos autores para as referências às obras coletivas ou às obras completas de autores clássicos, cujos editores tornam-se entradas obrigatórias nas bibliografias.
- Não serão aceitas referências de obras clássicas publicadas eletronicamente para as quais não seja possível dar a localização exata das citações ou passagens referidas.
- As idéias apresentadas nos textos são de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo obrigatoriamente a opinião da Comissão Editorial e do Conselho Editorial.
- Todos os artigos que tiverem sua submissão aceita ingressarão em um sistema de arbitragem cega, composto de 2 pareceristas. Artigos não aceitos receberão parecer circunstanciado que justifica a recusa. Artigos submetidos à reformulação passarão por novo processo de avaliação.
- A revista detém os direitos autorais de todos os textos nela publicados. Os autores estão autorizados a republicar seus textos mediante menção da publicação anterior na revista.

## INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Nada de lo que se encuentre en estas reglas sustituye un examen atento y criterioso de los modos de citación y de referencia bibliográfica utilizados en artículos publicados en la revista *Scientiae Studia*.

- La revista publica textos en portugués y en español.
- Los originales deben ser enviados en formato electrónico a [secretaria@scientiaeestudia.org.br](mailto:secretaria@scientiaeestudia.org.br) en la extensión .doc ou .docx ou .rtf. En caso de contener fórmulas matemáticas u otros señales que dependan de editores especiales, deben ser enviados también en .pdf.
- El texto no debe exceder las 12.000 palabras, incluidas las notas y las referencias bibliográficas al final.
- Solicitamos que el archivo contenga el(los) nombre(s) del(de los) autor(es), institución(iones) a que pertenece(n), por extenso, dirección(iones) completa(s) y hasta 4 líneas de informaciones profesionales, a respecto de cada autor.
- Los artículos deben tener título en español y en inglés; deben acompañarse de un resumen en español y un “*abstract*” en inglés, preferiblemente de hasta 250 palabras y deben presentar de cinco a diez palabras-llave en español, y de cinco a diez *keywords* en inglés.
- Los títulos y subtítulos de las secciones deben ser numerados sucesivamente a partir de la unidad. Atención que nos se numeran la Introducción y la Conclusión; así, la sección que sigue la Introducción será la sección 1.
- Se pide que el(los) autor(es) no ponga(n) en relieve los términos u expresiones en el texto por medio del itálico. El itálico es empleado para términos o expresiones en lengua extranjera y también para títulos de obras (libros).
- Citas, transcripciones u epígrafes en lengua extranjera deben estar entre comillas. Citaciones que tengan mas de cuatro líneas de texto deben ser puestas en el modo de citación con recuos a derecha y a esquerda de 1,2cm.
- Figuras, estampas, ilustraciones y diseños en general, gráficos y tablas deben ser presentados en páginas en separado, o sea, un archivo en .jpg o .tif para cada imagen. Las imágenes deben ser digitalizadas en tonos de gris, con resolución mínima de 300 dpi y en tamaño grande.
- Todas las imágenes deben ir acompañadas de título, con la debida numeración. As legendas de las figuras deben estar todas reunidas en un archo especial llamado Legendas.
- Las notas deben ser digitalizadas al pie de página. El artículo no debe contener notas en sus dos primeras y dos últimas páginas. Agradecimientos y otras anotaciones deben ser hechas al final del artículo.
- Citas y menciones a autores en el texto deben subordinarse a la forma (apellido del autor, fecha) o (apellido del autor, fecha, página). Deben estar en el cuerpo del texto y no en notas.
- Las referencias bibliográficas deben ser listadas al fin del artículo, en orden alfabético, de acuerdo con el apellido del primero autor y obedeciendo a la fecha de publicación, o sea. del trabajo más antiguo al más reciente. No deben ser abreviados los títulos de periódicos, libros, nombres de editoras y de ciudades. Es recomendable especial atención de los autores para las referencias a obras coletivas o a obras completas de autores clásicos, cuyos editores constituyen entrada obligatoria en las bibliografías.
- No serán aceptadas referencias de obras clásicas publicadas eletronicamente para las cuales no sea posible dar la localización exacta de citaciones o trechos referidos.
- Las ideas presentadas en los textos son de responsabilidad exclusiva de los autores, no reflejando obligatoriamente la opinión de la Comisión Editorial o del Consejo Editorial.
- Todos los trabajos serán sometidos a un sistema de arbitraje ciego, compuesto de 2 evaluadores. Los artículos no aceptados recibirán la evaluación con justificación de la recusación. Los artículos enviados a reformulación pasarán por un nuevo proceso de evaluación.
- La revista retiene los derechos de autor de todos los textos en ella publicados. Los artículos autorizados a republicar sus textos mediante la mención de la publicación anterior en la revista.

# Sumários

SCIENTIÆ STUDIA, São Paulo, v. 13, n. 1, 2015

## ARTIGOS

Aritmetizando la geometría desde dentro:  
el cálculo de segmentos de David Hilbert  
*Eduardo Nicolás GIOVANNINI*

A epistemología de Poincaré à luz de Kant:  
convenções e o uso regulador da razão  
*João PRÍNCIPE*

Einstein y la evidencia experimental  
a favor de la hipótesis del cuanto de luz  
*Alejandro CASSINI; Leonardo LEVINAS & Hernán PRINCE*

Uma discussão sobre a unidade da ciência:  
Neurath e a utopia da ciência unificada  
*Ivan FERREIRA DA CUNHA*

Sobre a definição de observação  
como percepção verdadeira justificada  
*Alessio GAVA*

Información clásica e información cuántica:  
¿dos tipos de información?  
*Cristian LÓPEZ & Olimpia LOMBARDI*

## DOCUMENTOS CIENTÍFICOS

Heisenberg e a doutrina das cores  
de Goethe e Newton  
*Alexandre DE OLIVEIRA FERREIRA*

A doutrina goethiana e newtoniana das cores à luz  
da física moderna  
*Werner HEISENBERG*

## RESENHAS

O demônio de Carnap  
*Lorenzo BARAVALLE*

Nem heterodoxa nem ortodoxa: a mecânica  
quântica na segunda metade do século xx  
*Antonio Augusto PASSOS VIDEIRA*

SCIENTIÆ STUDIA, São Paulo, v. 13, n. 2, 2015

## ARTIGOS

Simondon e o construtivismo: uma contribuição  
recursiva à teoria da concretização  
*Andrew FEENBERG*

Simondon, a cibernetica e a mecanologia  
*Ivan DOMINGUES*

Gilbert Simondon e uma filosofia biológica  
da técnica  
*Wendell Evangelista SOARES LOPES*

Uma certa latitude: Georges Canguilhem,  
biopolítica e vida como errância  
*Vladimir SAFATLE*

A fascinação da compulsão tecnológica:  
sobre a racionalidade científica em Hans Jonas  
*Maurício CHIARELLO*

Voltaire e Algarotti: divulgadores da óptica  
de Newton na Europa do século XVIII  
*Breno ARSIOLI MOURA & Cibelle CELESTINO SILVA*

## RESENHAS

Revisitando o pensamento de Jacques Ellul  
na sociedade do século XXI  
*Jorge BARRIENTOS-PARRA*

Avanço técnico e humanização  
em Gilbert Simondon  
*Cristiano CORDEIRO CRUZ*

Sobre o conceito de invenção  
em Gilbert Simondon  
*Marcos CAMOLEZI*

Ética, conhecimento e vida  
*Rodolfo FRANCO PUTTINI*

La biopolítica de los sufrimientos psíquicos  
*Maria Fernanda VÁSQUEZ VALENCIA*

# Sumários

SCIENTIAE studia, São Paulo, v. 13, n. 3, 2015

## ARTIGOS

Francis Bacon e a questão da longevidade humana

*Luciana ZATERKA*

A ideia de natureza em José Barbosa de Sá,  
com especial referência às plantas

*Rafael DIAS DA SILVA CAMPOS*

& *Christian Fausto MORAES DOS SANTOS*

Sobre la supuesta heteronomía explicativa  
de la biología funcional

*Gustavo CAPONI*

Epigenesis y preformacionismo:  
radiografía de una antinomía inconclusa

*Davide VECCHI & Isaac HERNÁNDEZ*

Selección natural y condicionamiento  
de operantes: una crítica a la analogía  
de Fodor y Piattelli-Palmarini

*Julio TORRES MELÉNDEZ*

Alterização, biología humana e biomedicina

*Juanma SÁNCHEZ-ARTEAGA; Davide RASELLA;*

*Laia VENTURA GARCIA & Charbel EL-HANI*

Controvérsias na climatologia:  
o IPCC e o aquecimento global antropogênico

*José CORREA LEITE*

## RESENHAS

As duas faces da morfologia:  
funcionalismo e formalismo

*Felipe FARIA*

O mosaico causal do mundo orgânico

*Lorenzo BARAVALLE*

Gênese e recepção do projeto epistemológico  
de Ludwik Fleck

*João Alex CARNEIRO*

SCIENTIAE studia, São Paulo, v. 13, n. 4, 2015

## ARTIGOS

O valor da moeda em Oresme e Copérnico

*Márcio Augusto DAMIN CUSTÓDIO*

& *Sueli SAMPAIO DAMIN CUSTÓDIO*

Estilo de raciocínio e capilaridade  
técnico-cultural na química no século XVIII

*Ronei Clécio Mocellin*

Sobre as origens da concepção freudiana  
de ciências da natureza

*Vitor Orquiza de Carvalho & Luiz Roberto Monzani*

Do mistério das eras do gelo  
às mudanças climáticas abruptas

*José Correa Leite*

Emergência sem níveis

*Luiz Henrique de Araújo Dutra*

A epidemia de más condutas na ciência:  
o fracasso do tratamento moralizador

*Marcos Barbosa de Oliveira*

Trajetórias e divisão do trabalho  
no laboratório de genética humana

*Mariana Toledo Ferreira*

Materialidade e sociedade: tendências  
sociotécnicas em tecnologias móveis

*Pedro Xavier Mendonça*



# SCIENTIÆ studia

*Revista Latino-Americanana de Filosofia e História da Ciência*

Revista do Departamento de Filosofia – FFLCH – USP

São Paulo, 2016

ISSN 1678-3166

Av. Prof. Luciano Gualberto, 315

Cidade Universitária • USP

05508-900 • São Paulo • SP

Tel.: (55-11) 3091-3761

FAX: (55-11) 3031-2431

[secretaria@scientiaestudia.org.br](mailto:secretaria@scientiaestudia.org.br)

**[www.scientiaestudia.org.br](http://www.scientiaestudia.org.br)**

## ASSINATURA E NÚMEROS ANTERIORES

### INDIVIDUAL

Assinatura anual (4 números): R\$ 90,00

(envio postal incluso)

Números avulsos: R\$ 25,00

### INSTITUCIONAL

Assinatura anual (4 números): R\$ 160,00

(envio postal incluso)

Números avulsos: R\$ 40,00

### FORMA DE PAGAMENTO

Depósito identificado no Banco do Brasil ou DOC para:

Agência: 3559-9 • Conta corrente: 28522-6

Titular da conta: Associação Filosófica Scientiae Studia

Envie FAX ou e-mail para confirmar o pagamento

e fornecer o endereço completo para correspondência.

## Coleção de Estudos sobre a Ciência e a Tecnologia

Objetivo central da *Coleção de Estudos sobre a Ciência e a Tecnologia* é difundir escritos que contribuam para a reflexão crítica sobre estes temas e para a compreensão das práticas científicas e tecnológicas como parte integrante da cultura do nosso tempo. Com esse intuito, ela engloba, além de investigações recentes e originais nas áreas de Filosofia, História e Sociologia da Ciência e da Tecnologia, traduções para a língua portuguesa de obras clássicas, de valor histórico nas áreas abrangidas pela coleção, publicadas em edições críticas. Desse modo, pretende contribuir para a divulgação da reflexão filosófica e científica e para o debate público sobre a ciência e a cultura na sociedade brasileira.

A coleção está organizada em quatro séries de textos:

- Filosofia da Ciência/Filosofia da Tecnologia
- História da Ciência/História da Tecnologia
- Sociologia da Ciência/Sociologia da Tecnologia
- Clássicos da Ciência e da Tecnologia/Textos Integrais

Participam como entidades promotoras a **Associação Filosófica Scientiæ Studia**, na qualidade de editora dos livros da coleção, e a **Editora 34**, na qualidade de parceira comercial.

A Coleção é organizada pelos seguintes membros da **Associação Scientiæ Studia**:

Pablo Rubén Mariconda

- Professor Titular de Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência pelo Departamento de Filosofia da FFLCH da USP;
- Editor da revista **Scientiæ studia**;
- Coordenador do Projeto Temático Fapesp No. 2011/51614-3 – “Gênese e significado da tecnociência. Das relações entre ciência, tecnologia e sociedade”.

Sylvia Gemignani Garcia

- Professora Doutora do Departamento de Sociologia da FFLCH da USP;
- Pesquisadora colaboradora do Projeto Temático Fapesp No. 2011/51614-3.



## Títulos da Coleção

*Ciência e metafísica na homeopatia de Samuel Hahnemann*, de Regina Andrés Rebollo.

Associação Filosófica Scientiae Studia/Parque CienTec/Fapesp, 2008. 174pp.

Preço: R\$ 30,00

*Controvérsias sobre a ciência. Por uma sociologia transversalista da atividade científica*, de Terry Shinn & Pascal Ragouet.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia, 2008. 208pp.

Preço: R\$ 40,00

*Valores e atividade científica 1*, de Hugh Lacey.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia/Parque CienTec, 2008. 296pp.

Preço: R\$ 52,00

*A geração dos corpos organizados em Maupertuis*, de Maurício de Carvalho Ramos.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia/Fapesp, 2009. 362pp.

Preço: R\$ 54,00

*Valores e atividade científica 2*, de Hugh Lacey.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia, 2010. 336pp.

Preço: R\$ 54,00

*Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*, de Galileu Galilei.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia, 2011. 888pp.

Preço: R\$ 98,00

*Georges Cuvier: do estudo dos fósseis à paleontologia*, de Felipe Faria.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia/CNPq, 2012. 272pp.

Preço: R\$ 44,00

*Função e desenho na biologia contemporânea*, de Gustavo Caponi.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia, 2012. 208pp.

Preço: R\$ 40,00

*Ensaios de sociologia da ciência*, de Robert K. Merton.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia, 2013. 304pp.

Preço: R\$ 52,00

*Veredas da mudança na ciência brasileira*, de Maria Caramez Carlotto.

Editora 34/Associação Filosófica Scientiae Studia, 2013. 380pp.

Preço: R\$ 58,00

## Aquisição

Depósito identificado ou DOC para: **Associação Filosófica Scientiae Studia**

CNPJ 07.306.867/0001-19

Banco do Brasil • Agência: 3559-9 • C/C: 28.522-6

**OBS.:** Favor enviar email para [secretaria@scientiaestudia.org.br](mailto:secretaria@scientiaestudia.org.br)

com a confirmação do pagamento e o endereço postal para a remessa.



*Esta revista foi composta em filosofia  
e impressa em papel off-set 75 g/m<sup>2</sup>  
na Gráfica Cromosete  
em julho de 2016*