



Explicaciones mecanicistas y explicaciones estructurales: el caso de la ciencia de redes


Mechanistic and structural explanations: the case of network science

Explicações mecanicistas e explicações estruturais: o caso da ciência de redes

Federico Benitez

Universidad de Berna, Berna, Suiza

federico.benitez@unibe.ch

0000-0001-7978-970X 

→ **Recibido:** 20 / 10 / 2025

→ **Aceptado:** 09 / 12 / 2025

→ **Publicado:** 26 / 12 / 2025

→ **Artículo Dossier**

"Filosofía y Fundamentos de la Física"

© 2025 Federico Benitez CC BY 4.0

→ **Cómo citar:** Benitez, F. (2025).

Explicaciones mecanicistas y explicaciones estructurales: el caso de la ciencia de redes. *Culturas Científicas*, 6(1), pp. 140-151. doi.org/10.35588/cc.v6d7881

[RESUMEN]

En este trabajo intento dar una primera aproximación a una noción más intuitiva de explicación estructural en ciencia. Para esto, utilizo el ejemplo de la ciencia de redes (network science), un campo de investigación que ha crecido rápidamente en las últimas dos décadas. A partir de una discusión reciente en el seno de dicha comunidad, ilustro la importancia de considerar distintos tipos de explicaciones, dependiendo del tipo de teoría en juego. En particular, argumento que la ciencia de redes es una teoría de tipo estructural, y que por ende las explicaciones de tipo causal-mecanicista no son necesariamente esperables o preferibles.

[PALABRAS CLAVES]

Explicaciones científicas, Teoría de redes, Mecanicismo, Estructuralismo

[ABSTRACT]

In this paper, I give an initial approach to a more intuitive notion of structural explanation in science. I use the example of network science, a research field that has grown rapidly over the last two decades. Based on a recent discussion within that community, I illustrate the importance of considering different kinds of explanations depending on the type of theory at play. In particular, I argue that network science is a structural theory and that causal-mechanistic explanations are not necessarily expected or preferable.

[KEY WORDS]

Scientific explanations, Network science, Mechanism, Structuralism

1. Introducción

La filosofía de la ciencia ha lidiado durante mucho tiempo con la cuestión de cómo la ciencia explica fenómenos. El modelo fundacional de explicación científica es el modelo nomológico-deductivo de la escuela positivista (Hempel & Oppenheim, 1948), según el cual la ciencia busca explicar los fenómenos fundamentándolos en leyes naturales subyacentes. Enfoques más modernos de las explicaciones científicas distinguen entre enfoques mecanicistas y unificacionistas (Salmon, 1984; Kitchner, 1981): las explicaciones mecanicistas implican redes causales de agentes / componentes en interacción (para un enfoque reciente que abarca las ciencias biológicas, véase Glennan, 2017), y las explicaciones unificacionistas se basan en restricciones estructurales derivadas de leyes globales. Más recientemente, algunos autores (Hughes, 1989, 1993; Clifton, 1998; Dorato & Feline, 2010) han defendido la existencia de un tipo de explicación que puede ser llamada estructural, relacionada a la manera en que la estructura matemática subyacente en nuestras teorías puede ser la fuente de explicaciones, independientemente de cualquier mecanismo causal. Finalmente, existen también enfoques fenomenológicos o instrumentalistas (p. ej., Cartwright), según los cuales el objetivo de la ciencia es simplemente capturar y resumir patrones en los datos observados. A contracorriente de este contexto pluralista, periódicamente hay llamados de filósofos e incluso de científicos abogando por un tipo específico de aplicación científica como el único válido—o al menos el único no problemático.

Este es el caso de un artículo reciente acerca de detección de comunidades en redes, escrito por uno de los más reputados referentes en el campo de la ciencia de redes (Peixoto, 2023, P23 de ahora en más). En su artículo, Peixoto argumenta en contra de lo que él llama métodos descriptivos, y a favor de lo que llama métodos inferenciales, que son las que proponen mecanismos explícitos. Su argumento es que solamente estos últimos son capaces de proveer perspectivas acerca de los mecanismos detrás de la formación de redes complejas, y son capaces de separar estructura de mera estadística: “los métodos inferenciales estándar más típicamente alineados con preguntas científicas claras llevan a resultados más robustos, y deben ser preferidos en muchos casos” (P23, abstract).

Esta discusión presenta una oportunidad para ofrecer una perspectiva desde la filosofía de la ciencia, en particular acerca de cómo distintos tipos de teorías pueden ser asociados a distintos modos de explicación. En trabajos previos con varios colegas hemos desarrollado tal esquema clasificatorio. En él, las teorías científicas, fundamentales o no, pueden todas ser clasificadas en dos tipos según el tipo de explicaciones que proveen. Por un lado, existen las teorías mecanicistas, que explican fenómenos en la modalidad descrita por Salmon o Glennan, así como las teorías estructurales, que explican mediante el modo estructural de Hughes y Clifton. Estos dos tipos de teorías se separan a nivel ontológico por el tipo de fenómenos que describen: los objetos y sus interacciones en teorías mecanicistas, y los límites globales dados por la estructura (usualmente matemática) común a todas las interacciones en el caso de las teorías estructurales.

La conclusión de este análisis, contra Peixoto, es que, en el caso de la ciencia de redes, una teoría estructural por antonomasia, la mayor parte de las explicaciones ofrecidas serán de tipo estructural (para una discusión reciente que sigue líneas similares ver Kostić & Khalifa, 2023). No solo esto, sino que obtener explicaciones mecanicistas en el contexto de la ciencia de redes de hecho requiere aumentar la teoría de redes con elementos de otras teorías mecanicistas, elementos específicos a un área dada, trascendiendo la teoría de redes propiamente dicha.

Ejemplos serían reglas de la genética, o de teorías de la comunicación, o de la ecología, o de la neurociencia.

En este estudio introduciré brevemente estas ideas para un público amplio de filósofos de la ciencia. Para ello en la sección 2 presento en un poco más de detalle la distinción mecanicista / estructural. En la sección 3 hago una introducción rápida a la ciencia de redes, y argumento por qué debe ser considerada una teoría de tipo estructural. En la sección 4 analizo los argumentos de Peixoto y presento argumentos que van en contra de sus conclusiones. Finalmente presento algunas conclusiones preliminares en la sección 5.

2. Clasificación de teorías

Las explicaciones mecanicistas son las que permiten rastrear el proceso causal que lleva desde la causa A al efecto B mediante la interacción de los participantes en el proceso de interés (Salmon, 2020). Las explicaciones causales son relatos construidos a partir de ciertos elementos, a saber, los agentes involucrados en el proceso y la manera en que estos interactúan, donde se entiende 'agente' en un sentido amplio: instituciones, personas, animales, órganos, células, moléculas, átomos, partículas, campos; cualquiera sea la entidad que la descripción requiera para dar cuenta, mediante sus interacciones, de los procesos a explicar (Glennan, 1996; 2017). Este tipo de construcciones permite, de forma bastante literal, desplegar y hacer visible aquello que está a la base del fenómeno, es decir, explicarlo. Sin embargo, no todos los relatos que aceptamos como explicaciones proveen de un detallado rastreo de interacciones entre agentes.

Un segundo tipo de explicación sigue la línea desarrollada por (Hughes, 1989, 1993; Clifton, 1998; Dorato & Feline, 2010), quienes afirman que en muchas explicaciones científicas la carga explicativa reside en la estructura matemática de la teoría científica que estoy utilizando para explicar. Por ejemplo, puedo preguntar por qué ningún objeto físico puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, y la respuesta puede ser escrita en términos de la estructura geométrica del espacio tiempo de Minkowski (Feline, 2011). Nótese que en esta explicación no se provee información sobre las interacciones entre los agentes involucrados. Sólo es necesario aceptar que ciertas premisas o principios son ciertos y válidos en todo caso, y luego deducir de ello aquellos escenarios que son consistentes con el principio (escenarios posibles) y los que no. Más en general, existen teorías o descripciones teóricas que no proveen información de cómo cierto estado de cosas llega a ser el caso a partir de estadios anteriores, sino que entregan información respecto de aquello que es posible y de aquello que no lo es, es decir, que restringen el espacio modal. Este tipo de descripción en términos de estructuras es más específico que la descripción en términos de unificación explicativa propuesta por (Kitcher, 1981), mientras que al mismo tiempo preserva la intuición de que la ciencia provee en muchos casos explicaciones no-causales, que no dependen de mecanismos explícitos sino de la estructura subyacente.

En conclusión, los productos de la ciencia permiten generar explicaciones, pero no toda explicación es igual. Distintos tipos de explicación están vinculados a distintas funciones teóricas: o bien especulamos sobre los mecanismos causales o interacciones que están a la base de toda transformación o proceso, o bien observamos regularidades y, de manera inductiva, generalizamos los patrones observados a todo proceso futuro, en muchos casos mediante un mapeo a una estructura matemática (aunque en algunas ramas científicas como la biología estas estructuras pueden a veces estar menos formalizadas). Ambas maneras generan relatos con características muy distintas, con funciones teóricas diferentes, y con una carga ontológica

distintiva.

Todo esto puede ser vinculado con una distinción entre teorías científicas que ha sido rastreada en escritos de Galileo, Newton, y Poincaré, pero que fue popularizada por Einstein en 1919, cuando el Times de Londres le solicitó que explicara al público general su teoría de la relatividad (Einstein, 1919). Einstein escribió que hay dos tipos de teorías con orígenes distintos, una que parte de la observación empírica de regularidades y que eleva dichas regularidades a principios, o axiomas, de los cuales el resto de la teoría se desarrolla deductivamente, y otra que parte de entidades hipotéticas, a partir de las cuales se desarrolla la teoría de manera constructiva. Einstein afirmaba que sólo cuando se está en posesión de este segundo grupo de teorías es cuando poseemos explicaciones, es decir, Einstein sólo reconocía explicaciones de tipo mecanicista. Como veremos en P23, esta intuición sigue activa en la mente de muchos científicos.

Décadas más tarde, el filósofo de la física Fernando Flores (1999) analizó el artículo del Times e identificó en la distinción aportes epistémicos, ontológicos y funcionales. Más recientemente, Maltrana, Herrera, y Benitez (2023) volvieron a discutir esta clasificación de teorías y refinaron la distinción para resolver problemas identificados en ella, estableciendo la distinción entre lo que llamaron teorías mecanicistas y teorías estructurales. Esta distinción refinada forma la base del presente estudio.

En términos ontológicos, las teorías mecanicistas incluyen necesariamente agentes, entidades que interactúan y que, debido a esa interacción, son causalmente responsables de los distintos fenómenos, permitiendo explicaciones causales. En contraste, las teorías estructurales no entregan información sobre agentes, y no pueden proveerla pues ellas unifican fenómenos en sus aspectos más generales, relacionados a la estructura subyacente. Estas teorías proveen explicaciones estructurales mediante información estructural que excede casos particulares. En términos funcionales, las teorías mecanicistas describen interacciones entre agentes, mientras que teorías estructurales proveen límites o marcos (restringen el espacio modal) en los que habitan las teorías mecanicistas, además de proveer de un andamiaje teórico para ellas.

En este punto es importante destacar que ambos tipos de teorías operan en conjunto, es decir, aunque sea implícitamente en general hay una teoría estructural en juego cada vez que se analiza un problema con una teoría mecanicista. Por ejemplo, la teoría de gravitación universal de Newton (una teoría mecanicista) no sirve de nada sin la segunda ley de Newton (parte de una teoría estructural—la mecánica clásica), pues sólo tras especificar la Fuerza dentro de la segunda ley es posible obtener trayectorias. Dicho esto, es posible extraer conclusiones sólo a partir de teorías estructurales, como por ejemplo derivar la conservación de momentum lineal a partir de la tercera ley de Newton, o la relación entre energía y masa de los principios de la relatividad especial, sin necesidad de apelar a ninguna teoría mecanicista en particular.

De hecho, este tipo de explicaciones, que podemos llamar explicaciones estructurales, que no usan mecanismos causales, sino criterios estructurales, son más comunes en ciencia de lo que los propios científicos parecen entender, como en el ejemplo de Einstein ya mencionado. Propiedades sumamente relevantes del mundo físico, tales como el principio de incertidumbre en mecánica cuántica, o el límite de velocidad máxima impuesto por la velocidad de la luz, no pueden ser explicados mediante mecanismos causales, sino que son consecuencias de deducciones matemáticas con base en propiedades generales observadas y generalizadas en modelos teóricos del mundo (Dourato & Fellini, 2010; Fellini, 2011).

3. Ciencia de redes

La ciencia de redes es un campo de estudio multidisciplinar dentro del área de la ciencia de la complejidad. Su objeto de estudio son las redes complejas, como las de telecomunicaciones, las redes informáticas, las redes neuronales, redes de interacciones químicas, las redes tróficas en ecosistemas, las redes semánticas, y las redes sociales. Considera los distintos elementos o actores representados por nodos, y las relaciones entre ellos como enlaces. El campo utiliza métodos que incluyen la teoría de grafos de la matemática, la mecánica estadística de la física, el data mining y la visualización de la informática, y el modelado inferencial de la estadística.

La teoría de redes se abstrae de los elementos que conforman una red y estudia las propiedades estructurales de las distintas redes, siguiendo la noción de que al menos muchas de las propiedades de estas redes siguen el principio de *universalidad*: la unificación de la descripción de muchos fenómenos que son distintos a nivel microscópico, pero que comparten comportamientos macroscópicos. Este énfasis en propiedades universales pone a la teoría de redes claramente dentro del ámbito de las teorías estructurales.

Un ejemplo famoso de aplicación de teoría de redes son las redes “small-world”, un tipo específico de red compleja. Este tipo de redes están bien representadas por el principio “seis grados de separación”, según el cual es posible conectar a cualesquiera dos personas en el planeta Tierra mediante un camino de como máximo seis conexiones sociales: la persona A conoce a B, que conoce a C y así hasta que se puede conectar A con cualquier otra persona viva con un máximo de 6 conexiones. Esta propiedad small-world ocurre porque si bien la mayor parte de los vínculos sociales de una persona se encuentran en su entorno vecino, casi todas las personas tienen alguna conexión social con personas que viven muy lejos geográficamente, de manera que es posible conectar rápidamente a la persona A viviendo en Sudamérica con una persona F viviendo en Madagascar.

Este tipo de propiedades han sido testeadas empíricamente. Por ejemplo, se ha determinado que la separación máxima entre dos usuarios de Twitter (hoy X) es menor a 4 personas (Bakhshandeh et al., 2011). De manera más relevante, estas propiedades pueden ser entendidas gracias a la ciencia de redes (Watts & Strogatz, 1998).

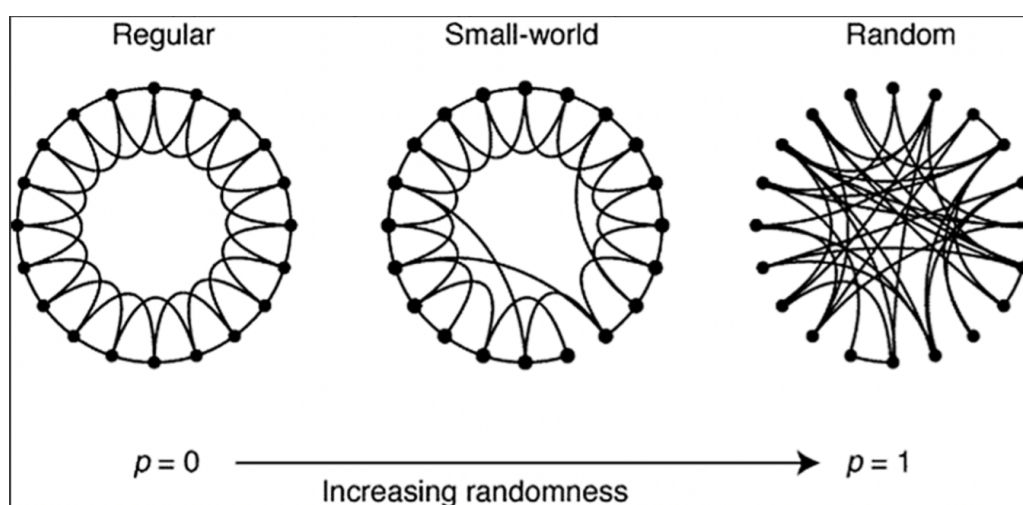


Figura 1: Diferentes tipos de redes siguiendo a Watts & Strogatz (1998).

La detección de comunidades en redes es una tarea central de la teoría de redes, con

aplicaciones en muchas disciplinas científicas: desde la co-expresión génica y las asociaciones ecológicas de especies hasta los sistemas sociales y de transporte, y un enfoque principal de la ciencia de redes. Dada una red compleja, suele ser importante separar sus componentes de manera tal que uno pueda distinguir particiones de la red que ayuden a explicar su comportamiento global.

Por ejemplo, en un artículo reciente (Kriener et al., 2024), se propone un nuevo diseño de redes neuronales capaces de aprender melodías u otras secuencias temporales complejas de una manera más eficiente que los métodos de estado del arte, tomando inspiración de la biología. La generación de una red neuronal ELiSe consiste en dos fases: un estadio de “desarrollo” inspirado en biología, en el cual las neuronas se conectan entre sí con conexiones soma-soma de baja probabilidad, formando un “andamiaje” sobre el que más adelante, en la segunda fase de aprendizaje, otro tipo de conexiones independientes (soma-dendrita) pueden adaptarse según la melodía que quiere ser aprendida.

Una vez que la red neuronal aprende a reproducir una melodía, es importante entender qué parte de la red es la encargada de llevar a cabo esa tarea, y cuáles de todas las conexiones existentes son las más relevantes para que la red lleve a cabo su tarea. Es en este punto que uno debe realizar un estudio de detección de comunidades, entendido como una subdivisión de la red en partes (nodos y conexiones) relevantes o más relevantes para el aprendizaje de secuencias temporales.

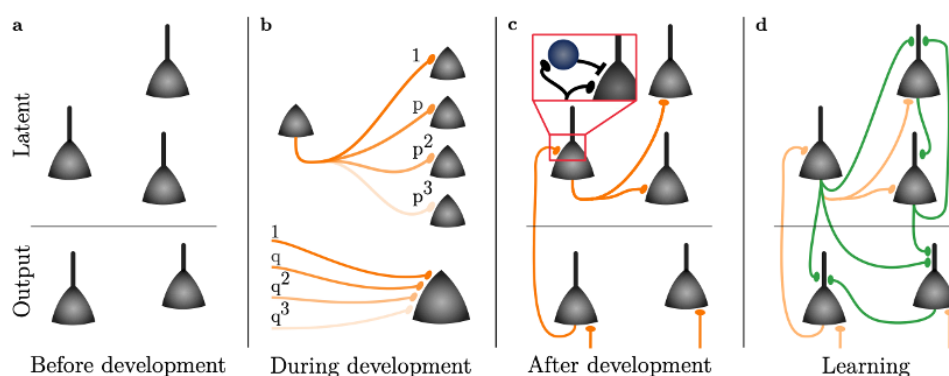


Figura 2: **Modelo ELiSe:** Etapas de formación del modelo ELiSe (tomada de Kriener et al., 2024).

En el caso general, a pesar de su importancia, no existe consenso sobre qué método utilizar para encontrar comunidades. Esto plantea un problema tanto filosófico como técnico. El debate en la ciencia de redes se ha centrado principalmente en el aspecto técnico, con poca discusión sobre el contexto epistémico y las consecuencias de las diferentes opciones metodológicas.

4. Peixoto y cómo explicar con redes

En su artículo, Peixoto presenta varios argumentos en contra de lo que llama métodos descriptivos. Los métodos descriptivos no pretenden modelar el proceso microscópico que crea cada enlace en una red. En cambio, optimizan una función objetivo que captura una noción de interés a meso-escala. La “map equation” con su algoritmo de búsqueda Infomap (Rosvall

& Bergstrom, 2008; Smiljanić et al., 2023) es un ejemplo destacado: busca la partición de la red en subgrupos que minimice la longitud de descripción de un recorrido aleatorio en la red, de modo que la mejor partición sea la más eficiente para describir los procesos en la red. El resultado es una partición de la red en sub-comunidades que puede coincidir o no con los bloques de un proceso generador de enlaces.

Por ejemplo, el famoso algoritmo PageRank es el punto de partida del algoritmo Infomap, y la partición inferida puede considerarse una extensión modular de PageRank. A pesar de la ausencia de cualquier tipo de flujo físico de usuarios a través de los hipervínculos, PageRank proporcionó un indicador robusto de la importancia y relevancia de los nodos en una red, sentando las bases del desarrollo de Google en la primera década de este siglo.

En cambio, los métodos inferenciales (también llamados generativos) postulan un mecanismo que genera probabilísticamente la red observada. Las comunidades corresponden a variables latentes en el modelo generativo: la partición que maximiza la probabilidad posterior (o minimiza la longitud de la descripción) se considera la mejor explicación de los datos dado el mecanismo propuesto. El modelo de bloques estocásticos con corrección de grado (Peixoto, 2017) es un ejemplo bien conocido de este enfoque. La fortaleza de este enfoque reside en la selección de modelo basada en principios y en un vínculo claro entre los supuestos y la inferencia: si los datos fueron efectivamente producidos por el mecanismo supuesto, la partición inferida tiene un argumento sólido para ser considerada la estructura modular que generó la red.

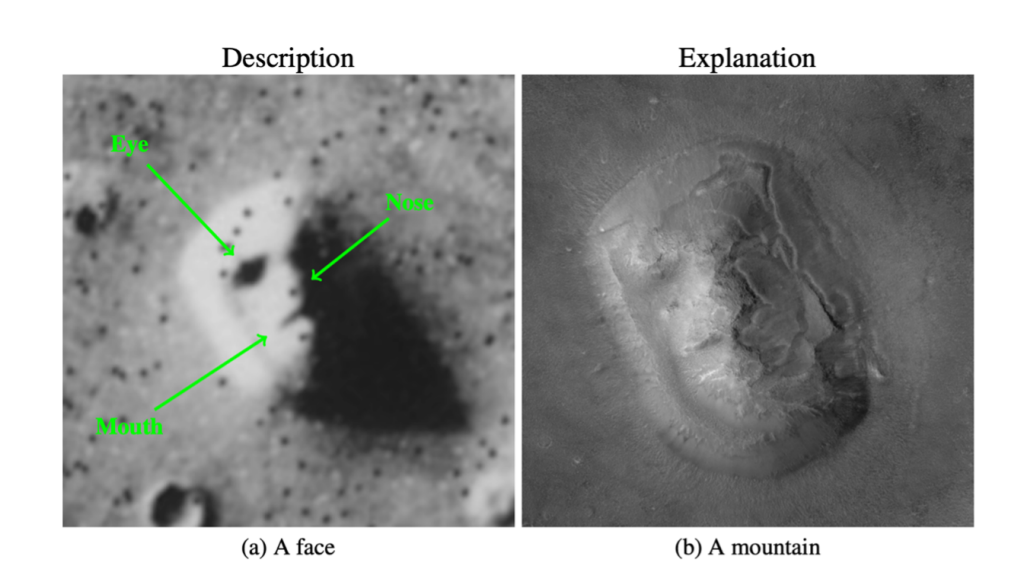


Figura 3: Figura 1 extraída de [P23].

[P23] ilustra el problema mediante la siguiente analogía (ver Figura 1):

Ilustramos la diferencia entre los enfoques descriptivos e inferenciales en la Fig. 1. Primero, hacemos una analogía con el famoso “rostro” que se observa en las imágenes de la región de Cydonia Mensae del planeta Marte. Una interpretación meramente descriptiva de la imagen puede realizarse identificando los rasgos faciales observados, que la mayoría de las personas reconocen de inmediato. Sin embargo, una descripción inferencial de la misma imagen buscaría explicar lo que se observa.

El proceso de explicación debe implicar invariablemente, en esencia, la aplicación de la ley de la parsimonia, o la navaja de Occam. Este principio predica que, al considerar dos hipótesis compatibles con una observación, debe prevalecer la más simple. Emplear esta lógica lleva a la conclusión de que lo que vemos es, de hecho, una montaña normal, sin negar que parezca una cara en esa imagen y, en cambio, reconociendo que lo parece accidentalmente. En otras palabras, la descripción “facial” no es útil como explicación, ya que surge de características aleatorias en lugar de exponer algún mecanismo subyacente. [P23, página 6].

La analogía es ciertamente evocadora, pero se desmorona al analizarla más detenidamente. Para que tenga algún impacto en la cuestión de las explicaciones descriptivas frente a las mecanicistas, es necesario combinar la navaja de Occam con el mecanicismo; de hecho, una no implica al otro. Se puede ser parsimonioso al buscar la mejor descripción fenomenológica, y también se puede utilizar un mecanismo bizarro para intentar explicar observaciones, como uno podría argumentar del modelo Ptolemaico. La analogía de Peixoto no es realmente una defensa de las explicaciones mecanicistas, sino de las explicaciones *simples*. De hecho, se podría imaginar fácilmente una explicación mecanicista del rostro de Cydonia en términos de pequeños hombres verdes que construyen un monumento gigante para comunicarse con sus vecinos terrestres, tras haberlos observado durante milenios a través de sus avanzados telescopios. También se podría presentar una observación simple y descriptiva del rostro de Cydonia sin utilizar ningún mecanismo: son solo montañas y sombras.

Para ser claros: la analogía de Peixoto señala que las correlaciones estadísticas pueden ser espurias. Sin embargo, esto puede ocurrir en cualquier nivel de análisis, incluso al nivel microscópico de los modelos inferenciales. No se puede a priori descartar que mecanismos erróneos puedan describir el comportamiento colectivo de un sistema (ver discusión sobre replicabilidad múltiple más abajo), y una comparación con modelos descriptivos puede ofrecer información valiosa sobre la robustez de un mecanismo propuesto.

Por supuesto que las redes en el mundo real son generadas por algún mecanismo, y tener esos mecanismos en cuenta puede ser una herramienta imprescindible para el análisis de comunidades, si es que uno puede confiar en su modelado. Sin embargo, la idea misma de la ciencia de redes requiere abstraerse de los substratos y concentrarse en propiedades estructurales que definen al sistema macroscópico. Hay buenos motivos para ello: la complejidad subyacente y la realizabilidad múltiple.

El primer problema es que el nivel de complejidad de los modelos en los sistemas bajo estudio en biología, economía, ecología, etc., hacen que alejarse del modelado explícito de los mecanismos causales sea de hecho en muchos casos insoslayable. Cuando a pesar de ello uno intenta modelar explícitamente los mecanismos detrás de la formación de una red, es muy posible que los modelos en juego sean versiones muy simplificadas de los mecanismos que en realidad actúan en estos sistemas. El tipo de errores cometido de esta manera no solo es muy difícil de cuantificar (dado que estamos cuantificando contra alternativas desconocidas), sino que además estos errores se acumulan de manera incontrolada en la jerarquía de escalas de una red compleja.

En segundo lugar, cuando uno sube a la escala de las redes existe en general múltiple realizabilidad con respecto a la estructura de comunidades, en el sentido de que el mecanismo subyacente no es único, y la estructura de la red es compatible con muchos mecanismos microscópicos, siguiendo la noción de que muchas de estas propiedades son universales. Esta

noción es central para el estudio de la emergencia, dentro del cual la ciencia de redes juega un rol particularmente exitoso. El hecho de que muchos mecanismos pueden dar lugar al mismo comportamiento macroscópico implica que en muchos casos sea mejor emprender un análisis top-down, estructural y descriptivo de las propiedades de las redes, en particular cuando los procesos causales subyacentes son en sí mismos difíciles de modelar.

El presupuesto es que existe algo en la estructura de la red que es más importante que los mecanismos causales que la forman a la hora de explicar sus propiedades: *y esto no es otra cosa que el presupuesto central de teoría de redes*. Esto es, la manera en que la red (y sus subgrupos) explican fenómenos depende de los mecanismos que la crearon, pero más depende de su estructura, a riesgo de estar perdiendo de vista la perspectiva fundamental que aportan las redes: la emergencia de leyes mesoscópicas, como “más es distinto”, etc. No hay que perder de vista que la teoría de redes es una teoría estructural. Centrarse en las estructuras es de hecho su justificación epistémica como área de estudio.

En el ejemplo del modelo ELiSe presentado antes, tenemos el mecanismo explícito que genera la red: un andamiaje neuronal de conexiones directas entre los somas de las neuronas — de conexión pobre, junto con conexiones por medio de las dendritas neuronales con un peso aprendido a partir de la repetición de la melodía. Esta dinámica de aprendizaje neuronal es sin embargo muy compleja y no se presta de manera sencilla a un estudio de sub-grupos neuronales, de manera que el algoritmo “descriptivo” Infomap es de hecho la manera más eficiente de describir la topología de las redes de tipo ELiSe.

Contra Peixoto, desde este análisis filosófico no se ve la necesidad de un programa que ponga el énfasis en un tipo de explicación. Los filósofos pragmáticos tienen razón al proponer seguir a la práctica científica cuando exploramos explicaciones. Parece ser que también los científicos deberían tener esta permisividad. En este sentido, mi análisis en este trabajo no intenta ser normativo: los científicos de redes sabrán cual es la mejor forma de explicar sus estructuras. Pero mi intuición es que, debido a las características de su propia ciencia, los mecanismos estarán siempre un poco por fuera de su alcance.

5. Conclusiones

Este trabajo funciona en dos niveles de filosofía de la ciencia: uno más normativo y específico a un área de estudio, y uno más general y epistémico acerca de cómo nuestras teorías científicas explican fenómenos naturales. Incluso si uno de estos argumentos es rechazado, creo que hay valor en este tipo de análisis en diálogo entre una perspectiva general y un caso específico.

En un primer nivel mi trabajo puede ser pensado como un argumento contra la propuesta de Peixoto de enfatizar explicaciones mecanicistas en ciencia de redes. Además de brindar el foco sobre esta discusión contemporánea, mi trabajo es un intento de introducir más en general la discusión de la ciencia de redes dentro del campo de la filosofía de la ciencia. Si bien existen trabajos filosóficos lidiando con estos tópicos, la escala de estos estudios en la literatura dista mucho de compararse a la escala que esta área tiene en el discurso científico actual.

A un nivel más abstracto, este trabajo funciona como un ejemplo de la utilidad de distinguir entre mecanismos y estructuras, y de usar esta distinción para clasificar teorías científicas. En esto, se suma a trabajos previos donde con colegas hemos sido capaces de mostrar la utilidad

de la distinción mecanicista / estructural (también llamada interacción / marco) en el análisis de diversas teorías, desde la física fundamental hasta la química.

Es dudoso que este artículo tenga el impacto deseado en el primer punto. Peixoto es una autoridad en materia de redes y sus ideas tienen gran resonancia, mientras que las ideas que he presentado quizás aparezcan muy abstractas y distantes para los científicos de redes en su conjunto. Con suerte, este trabajo quizás funcione como motivación para más análisis filosófico de esta área, y también de la noción de explicación estructural en su conjunto, mucho menos explorada que la noción de explicación causal-mecanicista.

Agradecimientos

Agradezco a Magnus Neumann y a Diego Maltrana por diversas conversaciones y colaboraciones sobre estos tópicos.¹ Agradezco a un revisor anónimo por sus comentarios, que mejoraron en mucho este artículo.

Referencias

- Anderson, P. W. (1972). More is different: broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science. *Science*, 177(4047), 393-396.
- Bakhshandeh, R., Samadi, M., Azimifar, Z., & Schaeffer, J. (2011). Degrees of separation in social networks. In *Proceedings of the International Symposium on Combinatorial Search* (Vol. 2, No. 1, pp. 18-23).
- Clifton, R. (1998). Structural explanation in quantum theory. *Unpublished manuscript, PhilSci Archive*, <http://philsci-archive.pitt.edu/91>.
- Dorato, M., & Feline, L. (2010). Structural explanations in Minkowski spacetime: which account of models?. In *Space, Time, and Spacetime: Physical and Philosophical Implications of Minkowski's Unification of Space and Time* (pp. 193-207). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Dorato, M., & Feline, L. (2010). Scientific explanation and scientific structuralism. In *Scientific structuralism* (pp. 161-176). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Einstein, A. (1919). Time, space, and gravitation. *Times* (London) 13-14
- Feline, L. (2011). Scientific explanation between principle and constructive theories. *Philosophy of Science*, 78(5), 989-1000.
- Flores, F. (1999). Einstein's theory of theories and types of theoretical explanation. *Int. Stud. Philos. Sci.* 13(2), 123-134
- Glennan, S. S. (1996). Mechanisms and the nature of causation. *Erkenntnis*, 44(1), 49-71.
- Glennan, S. (2017). *The new mechanical philosophy*. Oxford University Press.

¹Parte de este trabajo forma parte de un futuro trabajo en conjunto con Magnus Neuman y Linnea Gyllingberg.

- Hempel, C. G., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of science*, 15(2), 135-175.
- Hughes, R. I. G. (1989). Bell's theorem, ideology, and structural explanation.
- Hughes, R. I. G. (1993). Theoretical explanation. *Midwest Studies in Philosophy*, 18, 132-153.
- Kitcher, P. (1981). Explanatory unification. *Philosophy of science*, 48(4), 507-531.
- Kostić, D., & Khalifa, K. (2023). Decoupling topological explanations from mechanisms. *Philosophy of Science*, 90(2), 245-268.
- Kriener, L., Völk, K., von Hünenbein, B., Benitez, F., Senn, W., & Petrovici, M. A. (2024). ELiSe: Efficient Learning of Sequences in Structured Recurrent Networks. *arXiv preprint arXiv:2402.16763*.
- Maltrana, D., Herrera, M., & Benitez, F. (2022). Einstein's theory of theories and mechanism. *International Studies in the Philosophy of Science*, 35(2), 153-170.
- Peixoto, T. P. (2017). Nonparametric Bayesian inference of the microcanonical stochastic block model. *Physical Review E*, 95(1), 012317.
- Rosvall, M., & Bergstrom, C. T. (2008). Maps of random walks on complex networks reveal community structure. *Proceedings of the national academy of sciences*, 105(4), 1118-1123.
- Salmon, W. C. (1984). Scientific explanation: Three basic conceptions. In *PSA: Proceedings of the biennial meeting of the philosophy of science association* (Vol. 1984, No. 2, pp. 293-305). Cambridge University Press.
- Salmon, W. C. (2020). Scientific explanation and the causal structure of the world. Princeton University Press.
- Smiljanić, J., Blöcker, C., Holmgren, A., Edler, D., Neuman, M., & Rosvall, M. (2023). Community detection with the map equation and infomap: Theory and applications. *arXiv preprint arXiv:2311.04036*.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684), 440-442.