

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS V JORNADAS

1995

Alberto Moreno

Editor



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



## LOS ROSTROS DE LA COMPLEJIDAD

Debido a la diversidad de estilos de trabajo en filosofía de las ciencias, es conveniente hacer algunas observaciones previas sobre el enfoque adoptado en este caso. Como es sabido, una de las tareas fértiles de la filosofía de la ciencia es el análisis de conceptos que han jugado o juegan roles centrales en teorías científicas particulares, aún cuando en muchos casos estos conceptos no sean herederos directos de alguna tradición filosófica. La ponencia que nos ocupa se encuentra dentro de este contexto; se tratan de llevar a cabo algunas exploraciones conceptuales en torno del concepto de complejidad. La tesis que quiero sostener aquí es que el concepto de complejidad no es solamente importante dentro de trabajos técnicos en varias disciplinas científicas, sino que también es especialmente importante para la filosofía de la ciencia y la epistemología contemporáneas.

Un primer marco de referencia importante lo constituye esa noción que ha sido muchas veces pensada como polar con el concepto en cuestión; me refiero al concepto de simplicidad. Existe una fuerte asimetría en la literatura filosófica con respecto al tratamiento dado a ambas nociones. La simplicidad es un tema relativamente familiar para los filósofos de la ciencia; no sucede lo mismo con la complejidad. De todos modos, como es de esperar, el extendido tratamiento de la simplicidad ha dado un ramillete de posibilidades interpretativas. En realidad se ha condensado tras una sola palabra un grupo de criterios no siempre íntimamente relacionados; en el trabajo de muchos científicos por ejemplo, es frecuente la ambivalencia entre elementos estéticos como factores preponderantes, e intentos de hallar subproductos con características funcionales. Así, Paul Dirac queda visiblemente influenciado por cuestiones de simetría en las ecuaciones de la física-matemática, agrega términos para que armonicen las ecuaciones y esta armonía que revela un rostro de simplicidad es la que lo lleva luego a establecer ciertos correlatos entre entidades teóricas que a la larga terminan teniendo relevancia observacional a través de experimentos específicos. El descubrimiento de los principales eslabones de la llamada antimateria es un corolario notable en este sentido. Hay otro aspecto de la simplicidad mucho más cercano a nuestros procedimientos cotidianos que refiere principalmente a ciertos aspectos formales de la actividad científica. Se trata de las asociaciones con variantes de consistencia o de coherencia de las redes teóricas involucradas. Este es un sector de frutos potenciales enormes: la relación entre la simplicidad de un lenguaje científico dado y la complejidad de las leyes o teorías de las que las leyes dependen. Hay un caso al respecto que ha sido bastante comentado, sobre la relación entre geometría y mundo, en última instancia sobre la relación entre las entidades teóricas de un grupo de teorías y sus correlatos observacionales o experimentales. A veces no es claro si conviene tener un lenguaje simple y derivar de allí leyes complejas con las consecuentes dificultades en lo que hace a la relación entre los términos involucrados y las

interpretaciones de los experimentos, o por el contrario, partir de un lenguaje complejo y terminar con leyes simples. Como es sabido, Einstein optó por esta segunda alternativa y por ello a pesar de que la geometría riemanniana es considerablemente difícil de asimilar, él no vaciló en afirmar que las leyes de la naturaleza son simples. En esta estrategia y en este caso particular, comenzar con un lenguaje complejo permite terminar con expresiones con muy pocas entidades relevantes y así es más fácil buscar correlatos experimentales y observacionales. Esta particular relación entre simplicidad y complejidad merece en mi opinión mucho más atención en el abordaje de otros contextos científicos.

¿En qué medida a partir de estas caracterizaciones de la simplicidad es posible extraer una noción polar de complejidad? Una respuesta trivial es que en muchos casos complejo es lo no simple; pero esta versión como concepto complementario no recoge en mi opinión ciertas sutilezas de riqueza epistemológica. Los aspectos más interesantes aparecen cuando lo que se busca en los usos no es precisamente la relación polar, cuando complejidad no es exactamente lo opuesto de simplicidad.

Mencionaré a través de algunos ejemplos la emergencia de una noción de complejidad que ha ido paulatinamente incorporándose a caracterizaciones más globales, con pretensiones de universalidad suficiente como para adaptarse adecuadamente a los múltiples usos que la noción tiene. La primera versión que dió frutos relativamente interesantes, aunque no muchos, fue el programa de búsqueda de estructuras jerárquicas de hace algunas décadas. Este estilo de categorización fue bastante gráfico al momento de ejemplificar niveles de fenómenos: partículas, átomos, moléculas, complejos biológicos, ecosistemas, sistemas astronómicos, etc., pero en realidad fue bastante simplista en la caracterización de las entidades emergentes de cada nivel y también lo fue en el uso un tanto exacerbado del reduccionismo. Otro punto débil que tuvo fue que la jerarquización contrastada a veces solo era posible gracias a un exceso de artificialidad en las categorizaciones. El concepto de emergencia no tuvo en mi opinión una adecuada elaboración y en líneas generales quedó asociado a variantes bastante naive del reduccionismo con signo cambiado. Se rescatan de este programa un conjunto de nociones básicas que visten el contexto actual de la complejidad, aunque con natural desarrollo posterior; me refiero a nociones como autoreproducción, propiedades emergentes, evolución, y otras. Como segundo ejemplo mencionaré la interacción entre la teoría del caos determinista y el campo de sus 'aplicaciones' a numerosas disciplinas científicas. A mi criterio, esta teoría no ha dado todavía todos los frutos que la gente cree que está dando. Si bien es posible observar interesantes aplicaciones en campos de la física, o de las neurociencias, en el campo de las ciencias sociales las metáforas usualmente no permiten decantar fácilmente los alcances de la herramienta metodológica. No obstante, el optimismo bastante infundado de quienes aplican caos a ciencias sociales se debe en mi opinión a la existencia de una noción elemental de complejidad que hace posible que en sistemas relativamente simples y en condiciones iniciales relativamente simples, la evolución de estos sistemas conduzca a incapacidad de predicción. Como es usual rotular estas limitaciones con alguna noción, se han usado frecuentemente en estos casos conceptos como el de aleatoriedad y caos. Pero aleatoriedad no

es sinónimo aquí de complejidad, al menos en el sentido en que estamos tratando de rescatarlo como concepto emergente de diferentes disciplinas.

Un tercer ejemplo que sólo voy a citar al paso es lo que podríamos llamar el programa Prigogine. Su particular manera de enfocar la termodinámica, los procesos irreversibles y los sistemas de suficiente complejidad, brinda una noción de complejidad que para muchos es suficientemente flexible como para adecuarse tanto a procesos de las ciencias naturales como sociales. Creo que esta faceta del programa Prigogine es fuertemente criticable en cuanto a resultados más allá del dominio de la química y zonas cercanas, y en variados casos las analogías no dan los frutos esperados a nivel metodológico. A pesar de estas cautelas epistemológicas, en mi opinión es este terreno uno de los que aporta mayores insinuaciones para nuestros fines: en esencia, por el lugar destacado que tiene la complejidad biológica y sus procesos, sin la cual no sería posible tener una adecuada noción de complejidad.

Hay un cuarto ámbito que está asociado al programa de Herbert Simon y que se ha dado en llamar la arquitectura de la complejidad. Básicamente es una relación entre sistemas complejos, sistemas de aprendizaje complejos, y procesamiento de información de los sistemas cognitivos. Según nuestro punto de vista, es el caso más interesante de tratamiento de la complejidad basado en las ciencias cognitivas.

Estos elementos aportados desde diferentes tradiciones científicas adolecen bajo cierta perspectiva de una falta grave. Los lenguajes de las teorías mencionadas están fuertemente matematizados y eso contrasta con la poca capacidad que tenemos para traducir en un lenguaje simple pero matemáticamente elegante nociones como evolución, adaptación, crecimiento, etc. Esto ha contribuido a un ligero escepticismo en torno a las posibilidades de ir mucho más allá de las nociones regionales o al alcance y usos de algún concepto demasiado 'abstracto' y formal.

La perspectiva adoptada en esta exposición es la de la complejidad computacional. Por ello entendemos algo así como un iceberg con un conjunto de bloques cuya cabeza visible sería principalmente la teoría de la computabilidad, pero bloques reconocibles estarían dados por la termodinámica clásica o la termodinámica en el sentido de la teoría de la información de Shannon, en particular en lo referido a los aspectos físicos de cualquier proceso de cómputo; esto es similar, aunque no idéntico a la cuestión de la base física de la computación, esto es, los límites físicos que uno considera 'reales' para los procesos de cómputo; en mi opinión es en esta zona donde aparece la mayor riqueza de puntos de vista y un conjunto de potenciales aportes a la filosofía de la ciencia. De algún modo esto ya está sucediendo en lo que hace al tratamiento de lenguajes que se adaptan a variantes de resolución de problemas. Esto nos conecta con otra zona del iceberg que es la referida a los alcances y límites de la noción de problema y tratabilidad asociada. Es aquí en mi opinión donde la complejidad computacional ha hecho aportes notables. Se dispone ahora de un conjunto de criterios pragmáticos y de proto taxonomías para evaluar problemas que nos permiten separar problemas tratables, difícilmente tratables e intratables. Creo que se pierde demasiado dejando a estos aspectos de lado para una eventual caracterización general de la complejidad. Otra zona del iceberg está constituida por los trabajos de Solomonoff, Kolmogorov y Chaitin; es la zona de la teoría algorítmica de la información. Se enfatiza aquí

la estrategia de decodificar los lenguajes a través de códigos informativos al estilo del binario, por ejemplo. El concepto de aleatoriedad involucrado va a repercutir en el de complejidad. Como es sabido, aleatoriedad se ha asociado desde la antigüedad con juegos de azar y la probabilidad ha mantenido siempre una fuerte dependencia epistemológica con los supuestos filosóficos del azar; a esto es posible verlo tanto en sus variantes epistémicas como en los enfoques frecuentistas. Para nuestros fines, el concepto más interesante aparece bajo esta suerte de capacidad para discriminar entre un código lingüístico dado y la versión sintetizada en una especie de expresión mínima, o dicho de otra manera, si uno tiene una secuencia indefinida de elementos, tales como dígitos, por ejemplo, y uno puede encontrar una versión compactada de la misma. Si esto no es posible, aún cuando se encuentre frente a un conjunto finito para los fines prácticos, es aleatorio desde el punto de vista de que no podemos achicar la información. Esta noción de aleatoriedad juega un rol importante en la caracterización de la complejidad organizada. Si nosotros decimos, por ejemplo, que las leyes de la física que conocemos pueden ser trabajables algorítmicamente, esto conduce automáticamente a un concepto de aleatoriedad próximo al expresado. Persiste la duda sobre el alcance no algorítmico de las leyes de la física, pero para nuestros fines, quizás el principal corolario de esta cuestión es el alcance potencial de la traducción del lenguaje científico de una disciplina a un lenguaje que sea del tipo de preguntas y respuestas, y consecuentemente, sobre los límites de la formulación de respuestas para un conjunto de preguntas planteadas. A veces se ha usado para ilustrar este tipo de aspectos, la circunstancia de que el número  $p$  a pesar de su apariencia de aleatoriedad en la distribución de sus dígitos, se somete a codificación a través de fórmulas.

Volviendo entonces a la pregunta de si las leyes de la física pueden ser reducidas a un lenguaje algorítmico, en mi opinión nos encontramos frente a las siguientes opciones. Si se da una respuesta afirmativa, entonces probablemente se encuentre en la situación de que el tratamiento de cualquier teoría con cierto grado de complicación lleva implícita alguna noción de complejidad en el manejo de la información algorítmica, y eso hasta el momento parece estar muy bien trabajado por la teoría algorítmica de la información. Si por otro lado uno cree que no, que la física trabaja con magnitudes continuas que difícilmente se traducen en versiones discretas, queda entonces la tarea de ver los grados de aproximación obtenibles desde versiones discretas, traducir esas versiones discretas en secuencias de dígitos, pasar a estas secuencias por algún proceso algorítmico y en última instancia tener una especie de simulación computacional de nuestras leyes científicas. Varios físicos desde Richard Feynmann han dedicado ultimamente atención a la relación entre las bases físicas de la computación y las bases computacionales de la física.

A modo de síntesis, bajo el enfoque adoptado la noción de complejidad aporta una serie de elementos a la filosofía de la ciencia, pero también insinúa elementos para una teoría general del conocimiento. Si nosotros podemos expresar un problema, escribirlo en un lenguaje inteligible, pero llegar a situaciones donde es posible demostrar que el problema es intrínsecamente difícil, podríamos pensar que la noción de racionalidad involucrada allí está afectada por el grado de complejidad del problema. Este uso del concepto de complejidad tendría otros réditos más allá de las regiones de los procesos irreversibles, del caos, y temas

afines. Nuestros propios lenguajes complejos nos colocan frente a situaciones de alta intratabilidad.