

¿COMPLEJIDAD O SIMPLICIDAD?: EN BUSCA DE LA UNIDAD DE LA CIENCIA

Walter Ríofrío Ríos.

Departamento de Humanidades. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Resumen

El presente artículo pretende realizar una defensa del nuevo modo de entender la investigación científica y de otras áreas del saber, que viene siendo desarrollado en la perspectiva del programa de las ciencias de la complejidad frente al anhelo que movió a los investigadores inscritos en el programa reduccionista de la ciencia (tan ampliamente en boga hasta hace unos pocos años) a buscar la unidad de la ciencia.

Introducción

Después del gran revuelo causado por los argumentos externalistas del desarrollo científico¹ (en especial aquellos que se refieren al estudio de la dinámica de las comunidades científicas, a la aceptación y rechazo de teorías, o, al impacto de las jerarquías en la reproducción de un determinado aparato cognoscitivo previamente aceptado), nos encontramos en una situación donde es necesario volver a revisar antiguos temas considerados como clásicos para la teoría del conocimiento. Y esto por una sencilla razón: los planteamientos externalistas exigen en el fondo, criterios de normatividad para el desarrollo del conocimiento científico. De este modo, nociones tales como causalidad, legalidad, explicación, confirmación, verosimilitud, etc., nociones que tradicionalmente constituyen el núcleo de la argumentación dentro de los contextos de justificación son, en la actualidad, objeto de nuevos planteamientos a la luz del giro provocado por la sociología de la ciencia².

Uno de los temas que por su naturaleza es de particular importancia, se refiere a la relación que se produce entre las distintas ciencias. Mi propuesta es retomar, de modo sucinto, la discusión del viejo anhelo de lograr una unificación de las distintas ciencias desde la perspectiva reduccionista. Veremos las dificultades que encontramos para llevar a cabo una empresa de este tipo. A continuación, me dedico a presentar también de manera breve, los distintos aspectos que empieza a abordar con gran éxito el programa de las ciencias de lo complejo y que, considero, propone un interesante modo de entender la unidad de las ciencias.

Los límites del reduccionismo

Con cierta frecuencia, las tesis reduccionistas se confunden o se hacen equivalentes con las tesis fisicalistas. Esto es un error. Uno puede ser fisicalista sin ser reduccionista.

En realidad, una postura reduccionista reclama algo más fuerte que una tesis fisicalista. El fisicalismo en su versión más simple, nos dice que el mundo está conformado por

entidades físicas, en donde se deja en suspenso el tipo de propiedades que las constituyen. Por ejemplo, uno puede ser fisicalista y admitir que, además de las propiedades físicas, existen -para ciertos trozos de materia-, propiedades mentales que no se reducen a las primeras.

En cambio, el reduccionismo afirma que cualquier fenómeno es sólo una cosa física. Sin entrar a postular una ontología del mundo (pues uno puede comprometerse con una ontología de entidades o una ontología de propiedades, por ejemplo) cabe preguntarse si dentro de una postura reduccionista es posible admitir la existencia de un conjunto de propiedades que caracterizan de manera esencial a los seres vivos, o, que el conjunto de procesos propios de la vida social tiene realidad propia. Desde la perspectiva reduccionista la respuesta es que, en último término, lo que verdaderamente existe es lo que describe la física fundamental (partículas, paquetes de energía, cuerdas, etc.) y tarde o temprano cualquier estado o evento del mundo podrá ser descrito en ese lenguaje. Todo lo demás puede considerarse como epifenómeno de lo anterior.

Ahora bien, hay varias formas de reduccionismo, según uno entienda qué es lo que se reduce. Una primera versión es aquella que reclama que los términos centrales o básicos de una teoría de "alto nivel" (de la biología a las ciencias sociales) pueden ser definidos en términos de (y, por tanto, eliminados a favor de) un vocabulario más básico de la física o la química. Esta versión es conocida como "reducción de predicados".

Un segundo tipo nos dice que las leyes de una determinada teoría de "alto nivel" pueden ser explicadas (y, por tanto, reemplazadas por) leyes de una teoría de "menor nivel". Este segundo tipo es conocido como "reducción de leyes".

Existe, también, la llamada "reducción de teoría o reducción inter-teórica", la cual en su versión estándar procede como una deducción formal. Una teoría T1 reduce a una teoría T2 si, y sólo si, existe un conjunto de reglas de correspondencia o principios puente que, o conectan las ontologías de ambas teorías (reducción del dominio de objetos de la una al dominio de objetos de la otra), o se produce una reducción semántica (se deducen a partir de T1 los principios básicos de T2). En la mayoría de los casos, los principios puente son pensados como enunciados de identidad: la temperatura es igual a la energía cinética media de las partículas, o, el material genético es igual a la molécula de ácido nucleico.

En las distintas versiones del reduccionismo hemos de comprender que los dominios tanto ontológico, semántico o nómico de la ciencia reducida desaparecen o son "absorbidos" por la ciencia fundamental. Lo que nos presenta el proyecto reduccionista no es otra cosa que una determinada manera de garantizar la unidad de la ciencia: al plantear, al menos en principio, la posibilidad de que todas las ciencias puedan ser reducidas a la física. En este sentido, el reduccionismo aboga por un modelo de unificación considerado en la filosofía analítica como el programa fuerte: todas las demás ciencias son solamente capítulos de la física.

Como es conocido, Nagel presenta un programa de reduccionismo semántico en donde la observación juega un rol fundamental; en particular, Nagel explora las posibilidades de la traducción de los términos teóricos a un lenguaje observacional³. La estrategia en este tipo de

reduccionismo es mostrar que los enunciados de una ciencia en particular tienen un correlato observacional, que a su vez puede ser descrito en el lenguaje de la física. Sin embargo, como Popper ha puntualizado, gran parte de los enunciados de las ciencias son enunciados teóricos que contienen referencias a objetos o fenómenos inobservables. En estos casos, parece no haber una forma satisfactoria para lograr una traducción de los enunciados de la teoría al lenguaje observacional:

"[Aunque generalmente se crea lo contrario]... nuestro lenguaje habitual está lleno de teoría, [y] llevamos a cabo toda observación a la luz de teoría, que el prejuicio inductivista es lo único que lleva a muchos a creer que podría existir un lenguaje fenoménico, libre de teoría y distinguible de un lenguaje teórico"⁴.

También Putnam es, en este respecto, de una opinión similar: "Los objetos no existen independientemente de los esquemas conceptuales"⁵. Ahora bien, como sabemos, Putnam sigue una vía distinta a la de Popper en muchos otros aspectos; sin embargo, en el tema que tocamos, el reduccionismo, las consideraciones acerca de su posibilidad son tratadas por ambos de forma similar. Efectivamente, al menos según una interpretación⁶ -que creemos básicamente correcta-, el primer Popper el de la "lógica de la investigación científica", sostiene una postura antiinductivista que, además, es compatible con una versión no acumulativa del desarrollo científico. Este primer Popper considera que las teorías son en realidad conjuntos de conjeturas, y que el desarrollo de la ciencia va de la mano conforme a como la comunidad de científicos disponga, en cada momento de su historia, de un conjunto de conjeturas y de supuestos básicos con menos errores que los anteriores⁷. En su momento, Putnam esgrimirá sus argumentos contra toda postura realista que considere como uno de sus supuestos, la existencia de las cosas independientemente de un sistema conceptual pues, básicamente, quien sostenga lo anterior corre el peligro de caer en serias inconsistencias. Por indicar sólo una de ellas: quien considere que existe una totalidad de cosas independientes de la mente, afirma Putnam, tiene que aceptar, al mismo tiempo, que existe una única descripción verdadera y completa de "cómo es el mundo".

Ahora bien, el mismo Putnam ha demostrado que sobre la base de los supuestos de una totalidad de cosas independientes a nosotros y a la aceptación de una noción de verdad como correspondencia (que es la noción aceptada dentro de este tipo de realismo), uno llega necesariamente a inconsistencias. En efecto, tomando estos supuestos es posible construir más de una relación de correspondencia entre palabras o signos mentales y cosas o conjuntos de cosas "externas", todas ellas igualmente legítimas y sin posibilidad de preferir una a la otra. En otras palabras, tenemos que aceptar que existen muchas descripciones igualmente verdaderas para todos los mundos posibles. Dicha conclusión va en contra de lo que acepta el tipo de realismo que estamos tratando.

Nuestras consideraciones sobre ciertos aspectos del pensamiento de Popper y de Putnam ponen de manifiesto la base sobre la cual se edifica el programa reduccionista como

vía para la construcción de una unidad de la ciencia. En primer lugar, no es posible plantear un programa así sino dentro de una concepción acumulativa del desarrollo científico (noción que ha sido criticada por Kuhn, por ejemplo). En segundo lugar, gran parte de los programas reduccionistas consideran que los enunciados observacionales son neutrales respecto de las teorías. Es decir, se comprometen con el tipo de realismo que presentábamos líneas arriba y que, como hemos visto, incurre en contradicciones.

Para añadir una cuestión adicional (que, como las anteriores, pone serios reparos a los programas reduccionistas), es preciso mencionar el argumento de la "múltiple realizabilidad de los enunciados generales"⁸. Este argumento ha sido utilizado por numerosos filósofos, entre los que podemos mencionar al mismo Putnam, y ha sido empleado en una gran variedad de temas; pero a nosotros sólo nos interesa tratarlo en relación con el problema del reduccionismo. Supongamos que tenemos una descripción completa de las propiedades que constituyen los sistemas de duplicación y control genéticos; aun así, siempre es posible encontrar más de una instanciación para estas propiedades en el nivel básico. Esta situación es similar a la que ocurre cuando decimos que un determinado estado mental no necesariamente está definido por un único estado de nuestras neuronas. Es más, es posible pensar que para estar en un determinado estado mental no se necesite en absoluto de neuronas⁹.

El argumento de la múltiple realizabilidad sostiene que las descripciones de una teoría de "alto nivel" tienen muchas posibles realizaciones en las teorías de "bajo nivel" o fundamentales. Por tanto, limita en gran medida las posibilidades de llevar a cabo un programa reduccionista. De hecho, las versiones que hemos esbozado en el trabajo conllevan, precisamente, el tipo de planteos que hemos venido criticando. De este modo, el programa reduccionista inscrito dentro de estos cauces no parece tener buenos augurios.

Unificación y explicación

Acabamos de ver que una manera de considerar la unidad de la ciencia es por la vía de la reducción de teorías de "alto nivel" a teorías de "bajo nivel" o fundamentales. Pero si hallamos que un término, una ley o una teoría son reducibles decimos, al mismo tiempo, que existe un cierto tipo de explicación. Así, decir que la genética clásica se reduce a la genética molecular es afirmar que el dominio de las cosas que explicaba una se halla ahora dentro del dominio de la otra.

La búsqueda de explicaciones es, tal vez, una de las mayores razones que anima la actividad científica. Se elaboran explicaciones no sólo para eventos particulares, sino para tipos de fenómenos que presentan cierta recurrencia. De este modo, al ser central la noción de explicación científica resultará también de suma importancia disponer de criterios para responder a dos preguntas que surgen de manera natural:

- a. ¿Qué es precisamente una explicación?
- b. ¿Cómo juzgar que una explicación es satisfactoria?

Se dice que la ciencia brinda explicaciones de los fenómenos porque nos provee de un entendimiento o comprensión que no poseíamos con anterioridad a la explicación en cuestión. Así, una explicación es satisfactoria porque entendemos o comprendemos lo que se explica. Pero este criterio es vago y en un sentido resulta extremadamente subjetivo. En realidad, de esta manera no damos respuesta a ninguna de las dos preguntas; antes bien, simplemente describimos un cambio en el sujeto (lo que le sucede después de ofrecerle una explicación).

Desde el punto de vista de la filosofía analítica, la explicación de un hecho o evento (el explanandum) se efectúa a partir de la conjunción de ciertas leyes con ciertas circunstancias (en conjunto, el explanans); sobre la base de dicha conjunción, el fenómeno por explicar es derivado de alguna manera (el tipo de derivación depende del tipo de leyes que utilizamos). Cuando la derivación es deductiva la explicación recibe el nombre de nomológico-deductiva.

Lo atractivo de esta propuesta es que permite responder rápidamente a ambas preguntas. Una explicación de tal y tal cosa se sigue de efectuar adecuadamente el esquema presentado. Pero, además, la filosofía analítica reclama la identidad formal entre explicación y predicción. Una teoría que nos provea de explicaciones satisfactorias nos brindará, en la misma medida, predicciones correctas. Como afirma Hempel¹⁰, un enunciado es explicativo en la medida que es predictivo.

Sin embargo, durante las últimas décadas el modelo de explicación hempeliano ha sido blanco de numerosas críticas. Existen diversos contraejemplos que nos indican, al menos, que dicho esquema tiene necesariamente que sufrir modificaciones o descartarse para amplios sectores de la ciencia. Según Philip Gasper¹¹, estos contraejemplos pueden catalogarse de la siguiente manera:

1. Casos en los cuales un fenómeno o evento "no resulta explicado", aun cuando su ocurrencia ha sido derivada a partir de leyes en conjunción con ciertas circunstancias apropiadas.
2. Casos en los cuales un evento "sí resulta explicado", aun cuando su ocurrencia no se ha derivado de la manera anterior.

Muchas leyes traducidas al lenguaje matemático relacionan los eventos de manera tal que, dada la información acerca de uno de ellos, obtenemos también información acerca del otro. Estos casos ponen de manifiesto la llamada "asimetría en la explicación". Ilustremos lo anterior mediante un ejemplo de la biología: al usar las leyes de la química -en particular las leyes de la cinética química-, además de la información de cierto tipo de proteínas -las enzimas- en relación con su sustrato y ciertas condiciones del medio, podemos obtener distintas velocidades de reacción a diferentes concentraciones de los compuestos. Queda bastante claro que la velocidad de reacción se explica (o está determinada) por la concentración de los reaccionantes (enzima y sustrato). Pero el asunto es que, obtenida la velocidad de reacción es posible calcular la concentración. Desde nuestra definición propuesta

de explicación los dos casos son equivalentes; sin embargo, no podemos decir que la velocidad "explica" la concentración.

El segundo de los casos se instala en diversas explicaciones que brindan las distintas ciencias sociales sobre determinados hechos o acontecimientos que provocan un conjunto de efectos según se presenten cierto tipo de causales; muchos de ellos en circunstancias que poco le deben a parámetros racionales. Tampoco podemos vislumbrar que se presenten, dentro del esquema presentado, una apelación a leyes de tipo histórico o antropológico.

Ambos tipos de contraejemplos ponen de manifiesto que el modelo hempeliano o por "subsunción a leyes" no resulta ser ni suficiente ni necesario para dar cuenta de las explicaciones. El primer caso muestra que no es suficiente, mientras que el segundo de ellos muestra que no es necesario.

Problemas de esta índole han llevado a varios filósofos de la ciencia a pensar que este esquema de explicación es fundamentalmente errado. Algunos, como Van Fraassen, consideran adecuada una aproximación pragmática¹². Según este autor, explicar un evento es describir aquellos factores que permiten que el evento en cuestión ocurra. Pero, ¿cuáles son estos?. La respuesta de Van Fraassen es clara: la elección de los factores es un asunto pragmático, depende de nuestros intereses. Van Fraassen considera que nuestra decisión de lo que vamos a explicar se determina sobre la base de lo que él denomina "clase contraste" (contrast class), pues al explicar un determinado evento no nos ocupamos solamente de él, sino que ponemos su ocurrencia en contraste con un conjunto definido de otras posibles ocurrencias. La clase contraste nos permite responder acerca de cuáles son las razones de porqué se da ese fenómeno y no otro. Con respecto al problema de la asimetría explicativa, nuestro modelo pragmatista invoca la noción de "relación de relevancia" (relevance relation), que nos permite fijar la forma en que la explicación ocurrirá acorde con nuestros intereses. Van Fraassen reclama que nosotros podemos elegir cualquier relación de relevancia que queramos, en consecuencia, no hay nada que podamos llamar la causa de un evento independientemente de nuestro interés particular. Pero uno de los problemas a los que se enfrenta la teoría de Van Fraassen es cómo asegurar una elección correcta acorde con nuestros intereses (no es de suyo evidente que, de conocer mis intereses, se siga que yo pueda realizar adecuadas elecciones conforme, precisamente, a estos intereses).

Tampoco parece ser que en la historia de la ciencia, un cambio de una teoría por otra (porque provee mejores explicaciones) se haya dado por criterios exclusivamente pragmáticos, o, por intereses de los investigadores. Es más, un grave problema al que se enfrenta una teoría pragmática como la de Van Fraassen, es la relación entre el poder explicativo y la decisión entre teorías alternativas. Apelar al hecho de que la búsqueda de teorías explicativas es, al mismo tiempo, una búsqueda de teorías empíricamente adecuadas no soluciona realmente el problema. Se tendría, como mínimo, que dar las razones que nos dirijan a realizar esta suerte de equivalencia, pero esto es precisamente lo que Van Fraassen deja de lado.

Pasando a otro tipo de propuestas, existen aquellas que incluyen consideraciones sobre la revisión del concepto de causa. En diferentes oportunidades se ha hecho una

identificación de causalidad con ley de la naturaleza¹³. En tales situaciones queda el problema de acomodar la explicación probabilística en ese esquema. Por ejemplo, E. Anscombe¹⁴ sostiene que a menos que la física cuántica se encuentre en un error (y no parece razonable considerar que esto sea así), es posible pensar que exista un mundo en donde ocurran procesos causales y en donde eventos del tipo C pueden, en ciertas ocasiones, causar eventos del tipo E, y en otras no.

Parece ser, entonces, que las relaciones causales no necesariamente deben caer dentro de leyes universales de causalidad. La misma profesora Anscombe considera que quizá las relaciones causales no necesitan de reglamentación legal alguna, ni siquiera de leyes de tipo probabilístico. Exploremos la noción de causalidad con relación a la de probabilidad.

A partir del desarrollo de la física cuántica, se ha barajado la idea de que la causalidad no tiene por qué estar restringida a procesos determinísticos. Reichenbach o Suppes, entre otros, han sostenido que la noción probabilística puede jugar un papel central en el análisis del concepto de causalidad. El argumento básico en este programa es que la causa debería, en algún sentido, aumentar las posibilidades de ocurrencia de su efecto. Esto se puede traducir en términos de la probabilidad condicional de la siguiente manera:

C es un evento que causa un evento E, sí y sólo sí:

- i. C ocurre antes que E
- ii. La probabilidad condicional de E dado C es mayor que la probabilidad no condicional de la ocurrencia de E.

Pero como Salmon ha hecho notar, esta definición puede llevarnos a confusiones y tomar a algo como causa de E sin realmente serlo. La crítica se centra, fundamentalmente, en que la definición anterior no puede distinguir los casos de causalidad propiamente dicha de los casos de bifurcaciones causales¹⁵.

Una tercera aproximación sostiene que las teorías son explicativas pues nos ofrecen conjuntos más bien reducidos de patrones que, al ser utilizados, nos permiten unificar una gran variedad de fenómenos aparentemente dispersos¹⁶. Esta propuesta pretende salvar ciertos problemas que se presentan en el esquema "por subsunción a leyes". Por ejemplo, el problema de la asimetría: la explicación corre en ambos sentidos en la medida de que tengamos dos patrones distintos que describan las dos situaciones; pero si solamente contamos con uno, entonces, aseguramos la explicación en un sentido. En realidad, el argumento de Kitcher es mucho más riguroso y en determinados momentos utiliza un lenguaje bastante formalizado. No pretendo en el presente trabajo realizar una exposición pormenorizada de los análisis de Kitcher, pero como considero que su propuesta (o variaciones en torno a ella) tiene muy buenos prospectos como para poder servir de base a los estudios futuros que se hagan o se vienen haciendo en el novedoso programa de las ciencias de lo complejo, me extenderé en las cuestiones que considero importantes de desarrollar.

Cuando Kitcher nos habla de la explicación como unificación, lo que se busca es la mejor unificación de nuestras creencias. Nosotros somos seres que, por decirlo así, no nos

encontramos en blanco frente al mundo; por el contrario, todos poseemos un conjunto de creencias sobre las cosas. Según Kitcher, esperamos que una teoría de la explicación cumpla con los siguientes requisitos:

"En primer lugar, deseamos entender y evaluar el reclamo ampliamente extendido de que las ciencias naturales no nos brindan meramente un apilamiento de aspectos de conocimiento inconexos con mayor o menor significación práctica; por el contrario, aumentan nuestro conocimiento del mundo. *Una teoría de la explicación debería mostrarnos cómo la explicación científica incrementa nuestro conocimiento...* En segundo lugar, una teoría de la explicación debe permitirnos ser capaces de comprender y arbitrar en las disputas de la ciencia del pasado y del presente. A menudo, se realiza una defensa de las teorías embriogénicas apelando a su poder explicatorio. Una teoría de la explicación debe ser capaz de juzgar lo adecuado de dicha defensa"¹⁷.

Kitcher considera que su teoría de la explicación como unificación se encuentra en inmejorables condiciones para dar respuesta a ambos requisitos. Aunque él mismo reconoce que la tarea es ardua, se limita a diseñar el marco dentro del cual emerge esta noción de unificación: una teoría puede unificar nuestras creencias cuando nos provee de uno o más (generalmente unos pocos) patrones de argumentación, los cuales pueden ser utilizados en la derivación de un gran número de proposiciones cuya aceptación para nosotros se encuentra justificada. Pero esta propuesta se enfrenta a otro tipo de problemas, a los que aquí no pretendemos brindar respuestas. ¿Del hecho que una teoría explique una diversidad de fenómenos, en este sentido de patrones de unificación, se sigue que tenemos razones para aceptarla?. ¿Cuál es el vínculo que se establece entre la noción de patrones de unificación y, por ejemplo, el concepto de verdad, o, el de adecuación empírica?.

He brindado un breve repaso al programa reduccionista y al tipo de explicación vinculado a dicho proyecto y lo he relacionado a su viejo anhelo de lograr una imagen unificada de la ciencia. Me he dedicado también a plantear el conjunto de problemas que se les presenta. También, expongo de modo resumido algunas alternativas para el fascinante problema de construir una teoría de la explicación. Nos queda una pregunta: ¿es lo planteado por el reduccionismo la única manera de construir una visión unificada de la ciencia?. Parece que existen buenas razones para responder negativamente esta pregunta. A continuación, como cuestión previa me dedico a exponer de manera resumida el programa naturalista como condición que nos encamine hacia el programa de las ciencias de lo complejo que, a mi juicio, sí tiene las mejores perspectivas para lograr una imagen unificada de la ciencia (en un sentido muy distinto al del programa reduccionista).

El programa naturalista

Retomemos nuevamente la cuestión sobre el fisicalismo. He mencionado que el reduccionismo es la posición filosófica que considera a las propiedades físicas como las únicas propiedades realmente existentes. En otras palabras, el reduccionismo se compromete con un monismo de propiedades. Además, al igual que el fisicalismo, se compromete con una posición monista respecto de las entidades del mundo. En este sentido, tanto el fisicalismo como el reduccionismo aceptan que lo que constituye el mundo no contiene más cosas que las cosas físicas. A decir verdad, el reduccionismo es un tipo particular de fisicalismo pues considera que sólo existen las cosas físicas y que no hay más propiedades que las físicas. La pregunta es si existen otros tipos de fisicalismo y que sean de corte no reduccionista.

Los argumentos a favor de una equivalencia entre fisicalismo y reduccionismo son tan numerosos como los argumentos en contra. Recordemos que uno de los lugares en donde se produce la bancarrota del reduccionismo es en el campo de la filosofía de la mente¹⁸. Davidson nos plantea el "anomalismo de lo mental"¹⁹, en donde se nos alerta de que es posible que no existan leyes para los eventos mentales. Lo anómalo de lo mental radica en que no solamente no podemos conectar mediante leyes un estado mental con otro estado mental; de igual modo, no podemos conectar los estados mentales con los estados físicos. En consecuencia, al no haber nomicidad alguna para conectar lo mental con lo físico, tampoco habrá posibilidad de reducir la psicología a la física.

Para aquellos que piensan que no hay otra versión fisicalista aparte de la reduccionista, la conclusión del párrafo anterior desemboca, necesariamente, en una posición eliminativista de los fenómenos mentales²⁰. En cambio, para aquellos que sostienen la existencia de otras posibles versiones de fisicalismo de tipo no reduccionista, las ciencias de "alto nivel" (incluyendo la psicología) tendrían autonomía respecto de la física. El grado y la naturaleza de tal autonomía dependerán de qué versión de fisicalismo hayamos aceptado.

Con respecto al problema de la relación entre las distintas ciencias, y dentro de una perspectiva no reduccionista (en el sentido delineado anteriormente), nos preguntamos si es posible una visión de la unidad de la ciencia. Visión que muestre a las ciencias formando un todo único aunque, al mismo tiempo, contemple un cierto grado de autonomía entre ellas; es decir, que podamos mostrar que las ciencias se encuentran conectadas entre sí de alguna manera, pero en donde se considere que cada una de ellas tiene sectores que le son propios, inabordables por cualquier otra. Creemos que el programa naturalista cumple con buena parte de estas expectativas²¹.

En cierto sentido, la epistemología y la filosofía de la ciencia en las primeras décadas del siglo XX, se inscriben dentro de las normativas que Frege y posteriormente Wittgenstein imponen a la reflexión²². Cuando el modelo de la física se instala como patrón de comparación y como índice de la capacidad del aparato analítico utilizado en la filosofía de la ciencia, lo que no es sujeto a cuestionamiento es el conjunto mismo de la maquinaria lógica de análisis. Una revisión de este tipo nos llevaría a una "peligrosa" cercanía a formas psicologistas o

biologicistas²³, haciendo imposible el proyecto de fundar la ciencia dentro del llamado *contexto de justificación*, tan caro a la filosofía analítica.

Sin embargo, en la actualidad, son cada vez más los filósofos de la ciencia que reclaman que las investigaciones en epistemología sean beneficiadas por los aportes que vienen produciéndose en las distintas áreas de la ciencia. En parte, este giro se produce por la crisis de la filosofía analítica de las últimas décadas²⁴. La epistemología naturalista aborda nuevamente las preguntas tradicionales de la teoría del conocimiento: ¿qué es el conocimiento?, ¿Qué clases de conocimiento son posibles?, ¿Qué métodos deberíamos utilizar para la obtención del conocimiento, o al menos, para la mejora de la calidad epistémica de nuestras creencias?. Debido a que la ciencia aparece como ejemplo paradigmático de conocimiento humano, la filosofía naturalista emerge como intento de comprensión del desarrollo del conocimiento científico.

Así, el naturalismo se ubica en una posición más cercana a las ciencias, en el sentido de que tomará seriamente en consideración los productos de ella como fuente de crítica sobre las posibilidades de abordar las cuestiones del conocimiento. En particular, considera que los miembros de nuestra especie presentan sistemas cognitivos altamente falibles, producto de un proceso evolutivo muy lento. Es decir, el naturalismo se pregunta sobre cómo nuestras capacidades (y limitaciones) biológicas y psicológicas nos permiten aproximarnos al estudio del conocimiento humano.

La filosofía analítica considera que las preguntas epistémicas son esencialmente lógicas, en donde los productos de la reflexión filosófica se consiguen por medios apriorísticos, por medio del análisis lógico exclusivamente. Ambos presupuestos son cuestionados por la epistemología naturalista. No es en absoluto evidente que, a la luz del conocimiento de nosotros mismos, se pueda seguir considerando que -debido a nuestra arquitectura-, presentemos un diseño perfecto de las estructuras lógicas de análisis. Según el naturalismo, es conveniente tomar en consideración los alcances de la teoría evolutiva en todo aquello que se refiera a la adquisición y utilización de una capacidad que, como la producción de inferencias, debió de tener un uso muy concreto en nuestros antepasados: les permitió sobrevivir en un medio agresivo, en donde el acceso a la información era difícil y el tiempo de reacción crucial. En estas circunstancias cabe pensar ¿hasta qué punto estamos dispuestos a creer que nuestras estructuras inferenciales corresponden a las estructuras lógicas de un razonador perfecto o ideal? ¿Somos sujetos que hemos aparecido en la evolución portando ya un aparato productor de inferencias característico de un sujeto de máxima racionalidad?

Podemos preguntarnos de manera transparente si somos capaces de elaborar creencias verdaderas cuando disponemos de elementos de juicio suficientes. Que podemos tener un sistema lo suficientemente eficiente como para detectar y eliminar nuestras falsas creencias. Estas preguntas no se pueden responder, según el naturalismo, sin una revisión cuidadosa de los aportes que provienen de las ciencias experimentales. A modo de ejemplo, para establecer el vínculo entre creencias verdaderas y conocimiento (si toda creencia verdadera es, al mismo tiempo, conocimiento) parece importante averiguar cuáles son los

mecanismos psicológicos que subyacen al aprendizaje de una lengua, a los procesos de memoria, percepción, etc. En otras palabras, el naturalismo aboga por una competencia de las nociones psicológicas para el análisis de ciertos conceptos epistémicos²⁵.

De otro lado, permite también construir una imagen de la ciencia esencialmente continua. En efecto, según el naturalismo, las características que nos definen en el ámbito individual y grupal deberían ser descritas y explicadas en términos naturales. El eje central de la reflexión es que nosotros somos producto de la evolución biológica. Cuando aceptamos a la evolución como un hecho, también aceptamos que con la teoría molecular del gen, hemos establecido las bases para relacionar el ámbito de la física y la biología en un doble sentido. Las reglas que gobiernan los procesos moleculares en biología deben estar de acuerdo con las predicciones que provienen de las áreas pertinentes, que corresponden al tratamiento de las moléculas en ambientes dinámicos; en especial, la termodinámica de no-equilibrio, los efectos cuánticos en moléculas complejas, los modelos de interacción molecular, entre otros.

Pero, además, se produce lo que podríamos llamar "causalidad hacia abajo". Desde la perspectiva biológica, se hace necesario que ciertos sistemas físicos contengan algunas propiedades que caracterizan a los sistemas vivos; es decir, en los ambientes prebióticos inmediatamente anteriores a la aparición de la vida en la Tierra, debieron estar presentes ciertos sistemas que portaban aquellas propiedades mínimas necesarias para la producción de los sistemas vivos. La caracterización de dichas propiedades no se deriva de la física sino de la biología, de manera tal que ahora es la segunda la que impone ciertas condiciones para la investigación en el primer campo.

El programa de las ciencias de lo complejo

Sin lugar a dudas, los inmensos desarrollos que se vienen realizando en este nuevo ámbito del conocimiento, cuya historia se remonta a casi la mitad del siglo pasado, no pueden ser detallados como debería ser en un breve artículo como el presente. Entonces, en vez de aproximarme utilizando la cronología histórica, pasaré a la exposición del conjunto de conceptos nuevos que se han acuñado, junto con las disciplinas que vienen empezando a edificar y a establecer los lazos de conexión propios de lo que denomino la nueva manera de entender la unidad de la ciencia.

En realidad, pueden haber diversas maneras de dar comienzo a una exposición como la que pretendo realizar²⁶. Por tanto, no espero tener la preeminencia de un planteo original, aunque sí considero que pueda servir de base a otras empresas mucho más ambiciosas, que puedan ser llevadas a cabo en nuestra lengua.

El iniciador de todo este camino hacia nuevas rutas de construcción conceptual que nos vienen permitiendo mirar y operar la realidad desde perspectivas y ángulos nunca antes vislumbrados es, que duda cabe, Ilya Prigogine²⁷. En 1977, obtiene el premio Nobel en química

por sus trabajos que venía realizando desde 1945 en la termodinámica de los sistemas alejados del equilibrio²⁸. Los conceptos de orden y caos, estructuras disipativas, sistemas irreversibles, atractores, bifurcaciones y ruptura de simetría, dinámica del no-equilibrio, son algunos de los conceptos que acuña y que se han convertido en el lenguaje cotidiano de los círculos de investigadores de las ciencias de lo complejo.

Resulta que los trabajos sobre los sistemas alejados del equilibrio han brindado una revisión completa de los conceptos que constituyen la disciplina termodinámica. Actualmente se vienen realizando diversas polémicas para tener una o unas formas adecuadas de entender el significado de los razonamientos que se derivan de su tratamiento:

"Se conoce bien que siendo muy eficaz en la práctica, la herramienta termodinámica permanece difícil de entender desde el punto de vista teórico. También se sabe bien que las dificultades encontradas no son matemáticas, sino conceptuales, y que ellas se perciben por aquéllos que tienen que aprender la termodinámica, así como por aquéllos que tienen que enseñarla"²⁹

Para el conjunto de las ciencias, la renovada mirada a la realidad circundante que provoca la aceptación de que muchos sino la gran mayoría de fenómenos en las distintas disciplinas científicas son complejos y no simples, permiten la elaboración de muchos nexos entre ellas, a partir de la utilización de un mismo armazón conceptual que permite determinar aquellos comportamientos, fenómenos y procesos que involucra un sistema complejo.

Es Stuart Kauffman, quien continua con una renovada etapa en la consolidación del programa de las ciencias de la complejidad. El primer libro que publica en 1993³⁰ condensa en gran medida las tesis fundamentales que desde más o menos tres décadas ha venido investigando. El libro "The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution", detalla desde el título la propuesta de Kauffman. El profesor Kauffman sostiene que la respuesta comúnmente aceptada entre la comunidad de biólogos; es decir, aquella que sostiene -junto con Darwin- que es la selección natural la única fuente fundamental del orden en la naturaleza, no es adecuada. En el libro antes mencionado y en una publicación posterior (de naturaleza más divulgativa)³¹, se encargará de brindar una propuesta que para el pensar del biólogo resulta contra intuitiva: *los sistemas biológicos, de manera espontánea, generan de modo extensivo la autoorganización y el orden*. Ultimadamente, sugiere Kauffman, el mundo natural que experimentamos es el producto conjunto tanto de la selección natural como del orden inmanente de los sistemas complejos. Considero que esta propuesta teórica nos impele a un re-pensar de modo radical la teoría biológica contemporánea³².

De modo general, la teoría de la complejidad establece que cuando los componentes de un sistema interactúan en circunstancias críticas, se producen las condiciones para que los componentes se autoorganicen para formar estructuras con potencial evolutivo y que exhiben una jerarquía de propiedades emergentes del sistema.

Que exista una interacción en circunstancias críticas significa que el sistema se encuentra en un estado rico en información. La autoorganización implica la generación de atractores en las interacciones locales, en determinados contextos. En general, podemos decir que un atractor es una región en el espacio de posibles estados en que el sistema puede entrar pero no salir. En ese sentido, si utilizamos una metáfora astrofísica, un atractor es como un "agujero negro" en el espacio, succionando constantemente la materia pero nunca permitiendo dejar irse algo de ella. Los sistemas tienen, en estas condiciones, el potencial de poder evolucionar pues, las variaciones del entorno o medioambiente selecciona y permite el cambio ("mutación") de los atractores. Esto, a su vez, provocará que el sistema adquiera paulatinamente múltiples niveles de estructuración, provocando la aparición de nuevas respuestas frente a determinados cambios del entorno. Como consecuencia de todo lo anterior, nuevas propiedades empezarán a surgir (emerger) en el sistema.

Podemos afirmar que el centro de las Ciencias de la Complejidad está constituido por la Teoría de los Sistemas Dinámicos, que forma parte de la matemática pura. El tema central de la Teoría de los Sistemas Dinámicos es, por encima de todo, el comportamiento de los sistemas de ecuaciones diferenciales y, en segundo lugar, todo lo que puede transformarse en tales sistemas³³. El concepto más importante encontrado en las aplicaciones y consecuencias directas de la Teoría de los Sistemas Dinámicos en el contexto de las ciencias empíricas es el de "Caos Determinista": comportamientos no-periódicos que ocurren en sistemas deterministas. Algunos sistemas tienen sólo un número muy limitado de grados de libertad, y esta es otra manera de decir que estos sistemas pueden describirse por un número muy limitado de ecuaciones diferenciales. Pero el Caos Determinista sólo ocurre si por lo menos una de estas ecuaciones diferenciales es no-lineal³⁴. Como empezamos a percibir en la actualidad, los ejemplos de los sistemas que exhiben comportamiento caótico son ahora conocidos en casi todos los campos de la ciencia empírica³⁵.

Empezando a finalizar esta breve presentación, me permito mencionar algunos otros conceptos que vienen siendo utilizados por las comunidades de investigadores dentro de este nuevo programa de investigación: "autoorganización", "edge of Chaos" (concepto que se refiere a aquella zona crítica en donde un sistema se comportará frente a pequeños cambios de una manera caótica o de una manera estable), "fitness landscapes", "conjuntos moleculares autocatalíticos", "autopoiesis", "hiperciclos", entre otros³⁶.

Por otro lado, un aspecto unificador de los fenómenos en el cual la complejidad encuentra su forma de expresión pareciera ser la dinámica autoreferencial, que aparece de diversas maneras. Entre ellas encontramos, por ejemplo, la no linealidad en las ecuaciones, los procesos de retroalimentación como un mecanismo básico, la iteración o recursividad en los algoritmos.

El programa de las ciencias de lo complejo y la unidad de la ciencia

El programa de las ciencias de lo complejo es todavía muy nuevo, recién se encuentra en su etapa embrionaria. Por tanto, no es de extrañar que su progreso y desarrollo sea lento. Esto mismo lo prevé la misma ciencia de lo complejo, ya que intenta abordar a toda la realidad en su conjunto: desde los niveles más microfísicos del universo pasando por los niveles de la astrofísica, la química, la biología, la psicología y todas las demás ciencias sociales, hasta los distintos aspectos que construyen nuestras sociedades, incluyendo el comportamiento de los mercados y el ámbito empresarial, hasta los aspectos que se visualizan actualmente y aquellos que posiblemente surgirán en el proceso de la globalización.

Cuando se haya alcanzado la cantidad necesaria de investigadores interdisciplinarios en todas las aristas del conocimiento, se habrá logrado alcanzar el estado crítico requerido para la cristalización de estructuras de organización que emergerán al nivel mundial (creo que un indicio de ello visto desde la perspectiva académica, es el magnífico salto cualitativo que viene empezando a llevar a cabo el Instituto Tecnológico de Massachusetts, y que estoy seguro será adoptado en un futuro cercano por los mejores centros de enseñanza e investigación del planeta).

El enfoque básico mediante el cual sostengo que existe una renovada manera de entender la unidad de la ciencia tiene como una de sus principales características la naturaleza fundamentalmente interdisciplinar para abordar la realidad, que propugna el programa de las ciencias de lo complejo. La otra característica fundamental que descubro, es el tratamiento metarepresentacional³⁷ de su armazón conceptual, que le permite establecer una suerte de criterios y características que definirían o representarían por lo que sistema complejo debería de entenderse (o simularse mentalmente); en la medida de que ello es así, las técnicas y estrategias tanto de adecuación de los fenómenos y procesos que se veían exclusivamente desde la perspectiva reduccionista, son ahora enfocados desde este nuevo armazón conceptual (que he señalado de manera breve en el acápite anterior).

Aunque en la actualidad no existe una completa manera de hacer explícito el armazón conceptual que he mencionado (de ahí la necesidad de que los filósofos nos tomemos muy en serio estas investigaciones) puedo, al menos, señalar aquello que resulta de común acuerdo entre los científicos que han adoptado el programa de las ciencias de lo complejo como guía de sus investigaciones^{38, 39}

- 1) Los sistemas complejos tienen un número bastante grande de elementos.
- 2) Los elementos de un sistema complejo interactúan de manera dinámica y dichas interacciones cambian con el tiempo.
- 3) La naturaleza de las interacciones entre los elementos del sistema complejo es que son altamente interconectadas; de modo tal, que un elemento influencia y a su vez es influenciado por un gran número de otros.
- 4) Estas interacciones son de tipo no-lineal: pequeñas causas generan enormes resultados y viceversa.

- 5) Las interacciones son relativamente de corta duración. Por tanto, los constreñimientos físicos y la información se transmiten entre los elementos en la vecindad. Sin embargo, esto no quiere decir que no puedan existir influencias de larga duración pues, en un sistema que contiene una red de elementos ricamente interconectados, la conexión entre dos cualesquiera elementos usualmente se alcanza en pocos pasos.
- 6) También existen vías recurrentes de interacción. Existen procesos de retroalimentación tanto positiva como negativa.
- 7) De lo anterior se deduce que un sistema complejo tiene una historia: evoluciona en el tiempo. De tal modo, que su estado presente se encuentra determinado o constreñido por su pasado.
- 8) Por último, resulta difícil delinear los bordes de un sistema complejo, ya que la posición del observador influencia la definición de los bordes pues éstos se derivan frecuentemente teniendo en cuenta propósitos descriptivos.

El programa de las ciencias de la complejidad no pretende imponerse como un modo de acceso a la realidad descalificando todos los logros obtenidos dentro de la orientación de la investigación que se realizó inmersa en el programa reduccionista. Por el contrario, se dedica a poner de relieve la importancia de mantener un balance entre una aproximación de tipo analítica, que privilegia la visualización de los fenómenos desde una orientación de "arriba hacia abajo" (generando la "causalidad hacia arriba", que es la manera en que nos hemos acostumbrado a pensar desde las épocas de Galileo o Newton), con la aproximación de la complejidad, que privilegia la visualización de los "mismos fenómenos" desde una orientación "abajo hacia arriba" (generando la "causalidad hacia abajo" de la que hablábamos antes). La primera orientación nos permite identificar los bloques de construcción y/o elementos de un sistema; mientras que la segunda nos permite estudiar y comprender cómo un sector de la realidad "emerge" de otro sector de nivel anterior; por ejemplo, nos permite comprender cómo los sistemas vivientes surgieron de aquello en la realidad normado por las leyes de la física y de la química.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, P.W. *et al.* (1988) *The Economy as an Evolving Complex System*. Addison-Wesley, Redwood City.
- Anscombe, E. (1993) Causality and Determination. En Sosa, E. and Tooley, M. (editores)(1993) *Causation*. New York: Oxford University Press, 88-104.
- Babloyantz, A. (1986) Evidence of chaotic dynamics of brain activity during the sleep cycle, en Mayer-Kress, G. *Dimensions and Entropies in Chaotic Systems*, (editor). Springer, Berlin.
- Barenblatt, G.I. *et al.* (eds.) (1983) *Nonlinear Dynamics and Turbulence*. Pitman, Boston.
- Bloor, D. (1974) *Knowledge and Social Imagery*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Brown, H.I. (1991) Epistemic Concepts: A Naturalistic Approach. *Inquiry* 34: 323-51.
- Clarke, R. (1999) Nonreductive physicalism and the causal powers of the mental. *Erkenntnis*, 51: 295-322.

- Churchland, P. (1981) Eliminative materialism and propositional attitudes. *Journal of Philosophy* N° 78, pp. 67-90.
- Davidson, D. (1980) Mental Events. En *Essays on Actions and Events*. New York: Oxford University Press.
- Dennett, D. Making tools for thinking. En Byrd, C. (1997) *A Report on the Conference on Metarepresentation presented by the Cognitive Science Program of Simon Fraser University at Harbour Centre*.
- Devaney, R.L. (1985) *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*. Benjamin Cummings, Menlo Park.
- Eigen, M.; Schuster, P. (1979) *The Hypercycle*. Springer, Berlin.
- Emmeche, C. (1997) Aspects of Complexity in Life and Science. *Philosophica* vol. 59, (1), pp. 41-68.
- Epstein, I.R. (1983) Oscillations and chaos in chemical systems. *Physica* 7D, pp. 47-56.
- Fodor, J. A. (1992) A theory of the child's theory of mind. *Cognition*, 44, 283-296.
- Gasper, P. (1990) Explanation and Scientific Realism. En Knowles, D. (editor), *Explanation and its Limits*. New York: Cambridge University Press, pp. 285-295.
- Hempel, C. (1965) *Aspects of Scientific explanation*. New York: The Free Press.
- Holmes, P.J. (editor) (1980) *New Approaches to Nonlinear Problems in Dynamics*. Siam, Philadelphia.
- Husserl, E. (1985) *Investigaciones lógicas*. Madrid: Alianza Editorial. Traducido por Manuel G. Morente y José Gaos.
- Jones, T. (1995) Reductionism and the unification theory of explanation. *Philosophy of Science*, N° 62, pp. 21-30.
- Kauffman, S. (1993) *The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press. New York, Oxford.
- Kauffman, S. (1995) *At Home in the Universe. The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*. Oxford University Press. New York, Oxford.
- Kitcher, P. (1981) Explanatory unification. *Philosophy of Science* N° 48, pp.507-531.
- Kuhn, T. (1962) *The Structure of Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press (1991, octava reimpresión. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica).
- Leiber, T. (1999) Deterministic chaos and computational complexity: The case of methodological complexity reductions. *Journal for General Philosophy of Science* 30: 87-100.
- Leslie, A. (2000) 'Theory of mind' as a mechanism of selective attention. En Gazzaniga, M. (editor) (2000) *The New Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 1235-47.
- Mackey, M.C.; Glass, L. (1977) Oscillations and Chaos in physiological control systems. *Science* 197, pp. 287-289.
- Maturana, H.R.; Varela, F.J. (1975) *Autopoietic Systems. A Characterization of the Living Organization*. University of Illinois (BCL), Urbana.
- May, R. (1976) Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature* 261, pp. 459-467.
- Merton, R. (1973) *The Sociology of Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Moser, J. (editor) (1975) *Dynamical Systems. Theory and Applications*. Springer, Berlin.
- Nagel, E. (1968) *La estructura de la ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Noshir, S. C. (1998) Self-organizing systems research in the social sciences: Reconciling the metaphors and the models. *48th Annual Conference of the International Communication Association, Jerusalem, Israel*.
- Páginas Web de distintos centros de investigación:
- El Instituto Santa Fe- <http://www.santafe.edu>;
- CALResCo - <http://www.calresco.org>;
- EVALife: Self-organisation in life-cycles-<http://www.evalife.dk>;
- [sci.bio/evolution](http://www.sci.bio/evolution) - natural organization and evolution;
- [sci.nonlinear](http://www.sci.nonlinear) - nonlinear and chaotic systems;
- [comp.ai/genetic](http://www.comp.ai/genetic) - genetic algorithms and evolutionary computation;
- [sci.fractals](http://www.sci.fractals) - fractal and self-similar systems.
- Páginas Web de distintos Journals dedicados a los sistemas complejos:
- Complexity: <http://www.interscience.wiley.com/jpages/1076-2787/>;
- Emergence: Complexity Issues in Organizations and Management <http://emergence.org/front.htm>;
- U.K. Non-Linear News: <http://www.amsta.leeds.ac.uk/Applied/news.dir/>;

- Complexity International: <http://www.csu.edu.au/ci/ci.html>;
- Chaos-<http://ojps.aip.org/chaos/>.
- Polan, J. (1994) *Physicalism (The Philosophical Foundation)*. Clarendon Press.
- Popper, K. (1962) *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Prigogine, I. (1967) *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*. Wiley, New York.
- Prigogine, I. (1997) *Thermodynamics. From heat engines to dissipative structures*. Wiley and Sons Ltd.
- Prigogine, I. and Stengers, I. (1984). *Order out of Chaos*, New York: Bantam Books.
- Prigogine, I.; Stengers, I. (1979) *La nouvelle alliance. Métamorphose de la science*. Editions Gallimard.
- Putnam, H. (1988) *Razón, verdad e historia*. Madrid: Tecnos.
- Riófrío, W. (1998) La Vida en sus Orígenes: Las Propiedades Básicas. *Proceedings of the 20th World Congress of Philosophy*, August 1998, Boston/MA [la versión completa se encuentra disponible en: <http://www.bu.edu/wcp/Papers/Scie/ScieRiof.htm>].
- Rosenberg, A. (1990) Normative naturalism and the role of philosophy. *Philosophy of Science* N° 57, pp. 34-43.
- Salmon, W. (1993) Probabilistic Causality. En Sosa, E. and Tooley, M. (editores)(1993) *Causation*. New York: Oxford University Press, pp. 137-153.
- Sosa, E. and Tooley, M. (editores)(1993) *Causation*. New York: Oxford University Press.
- Tane, J. (2000) Evidence for a Close Link Between the Laws of Thermodynamics and the Einstein Mass-Energy Relation . <http://www.journaloftheoretics.com/Articles/2-3/tane-pub.htm> (1 of 20).
- Van Fraassen, B.C. (1988) The Pragmatic Theory of Explanation. En Pitt, J. (editor), *Theories of Explanation*. New York: Oxford University Press, pp. 136-155.
- Vancik, H. (1999) Opus magnum: An outline for the philosophy of chemistry. *Foundations of Chemistry*, 1: 241-256.
- Vásquez, J. (1991) Progreso científico y verdad. En *Crítica* N° 69, pp 101-135.
- Velmans, M. (1998) Goodbye to Reductionism En Hameroff, S.; Kaszniac, A.; Scott, A. (editores) *Toward a Science of Consciousness: The Second Tucson Discussions and Debates*, MIT Press, pp 45-52.
- Vidal, C.; Pacault, A. (eds.) (1981) *Nonlinear Phenomena in Chemical Dynamics*. Springer, Berlin.
- Wittgenstein, L. (1973) *Tractatus Logicus Philosophicus*. Madrid: Alianza Editorial.

NOTAS

¹ Son clásicos los trabajos de Kuhn, T. (1962); Merton, R. (1973); Bloor, D. (1974), entre otros.

² Giro que plantea claramente Kuhn: "... el estudio histórico puede efectuar el tipo de transformación conceptual hacia el que tendemos... las tesis que hemos sugerido son, a menudo, interpretativas y, a veces, normativas. Además, muchas de mis generalizaciones se refieren a la sociología o psicología social de los científicos; sin embargo, al menos unas cuantas de mis conclusiones, corresponden tradicionalmente a la lógica o a la epistemología. En el párrafo precedente puede parecer incluso que he violado la distinción contemporánea... entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación". Thomas Khun (1991, octava reimpresión), p. 31.

³ Ver el capítulo XI de Nagel, E. (1968); en especial el párrafo II: "Condiciones formales de la reducción", pp. 317 y siguientes.

⁴ Popper, K. (1962), p. 57, nota 1.

⁵ Putnam, H. (1988), p. 61.

⁶ Vásquez, J. (1991).

⁷ "... en la lógica de la ciencia que he bosquejado es posible evitar el empleo de los conceptos de verdadero y falso: en su lugar pueden entrar consideraciones lógicas acerca de relaciones de deductibilidad. Así pues, no necesitamos decir: "la predicción P es verdadera si la teoría T y el enunciado B son verdaderos"; en vez de ello, podemos decir que el enunciado P se sigue de la conjunción (no contradictoria) de T y B. Y cabe describir la falsación de una teoría de un modo semejante: no es menester que digamos que una teoría es falsa, sino solamente que la contradice cierto conjunto de enunciados básicos aceptados". Popper, K. op. cit., pp 255-256. Y sobre el valor de verdad de los enunciados básicos: "(no es necesario considerar que estos enunciados son verdaderos o falsos)... ya que podemos interpretar su aceptación como el resultado de una decisión convencional y considerar los

enunciados aceptados como resultado de tal decisión (op. cit., p. 256). Esta posición es compatible con una versión no acumulativa de la ciencia.

⁸ Jones, T. (1995).

⁹ Consideremos la situación en que podamos construir "máquinas pensantes". Definitivamente su arquitectura será distinta de la nuestra y, sin embargo, parece tener sentido hablar de "estar en un mismo estado mental" siempre que la máquina se refiera a una manzana, por ejemplo.

¹⁰ Hempel, C. (1965).

¹¹ Gasper, P. (1990).

¹² Van Fraassen, B.C. (1988).

¹³ Para la distinción entre leyes causales y relaciones causales, ver Sosa, E. and Tooley, M. (1993), pp. 1-9.

¹⁴ Anscombe, E. (1993).

¹⁵ Salmon, W. (1993).

¹⁶ Kitcher, P. (1981).

¹⁷ Kitcher, P., op. cit., p. 168.

¹⁸ Polan, J. (1994).

¹⁹ Davidson, D. (1980).

²⁰ Churchland, P. (1981).

²¹ Rosenberg, A. (1990).

²² Especialmente las siguientes proposiciones:

4.111 La filosofía no es una ciencia natural.

4.112 La filosofía contribuye a la aclaración lógica del pensamiento.

4.1121 La psicología no se encuentra más relacionada a la filosofía que cualquier otra ciencia natural.

4.1122 La teoría darwiniana no tiene más que decirle a la filosofía que cualquier otra hipótesis en la ciencia natural.

Wittgenstein, L. (1973), p.85.

²³ Con respecto a esta posición, Husserl es de la misma opinión: para edificar una filosofía estricta no es posible dar ninguna concesión a las hipótesis que provengan tanto de la biología como de la psicología. Ver: Husserl, E. (1985) Tomo I, especialmente los capítulos 2-8.

²⁴ En parte, algunos aspectos de esta crisis se han señalado en distintos apartados del presente trabajo. Otros aspectos podemos verlos en: Velmans, M. (1998), en donde se defiende que un estudio de la conciencia puede llevarse a cabo de una mejor manera dentro de una ciencia no reduccionista. De igual modo en, Clarke, R. (1999).

²⁵ Brown, H.I. (1991), en donde Brown realiza una argumentación a favor de tratar el contenido de nuestros conceptos epistémicos como un sistema conceptual sellarsiano.

²⁶ La literatura es sumamente extensa (y esto es sólo el inicio); por tanto, cito algunos de los trabajos que tienen este carácter introductorio: Emmeche, C. (1997); Noshir, S. C. (1998); Leiber, T. (1999); Vancik, H. (1999).

²⁷ Prigogine, I.; Stengers, I. (1979); Prigogine, I. and Stengers, I. (1984); Prigogine, I. (1997).

²⁸ He podido encontrar que la tesis que presenta Prigogine para obtener el l'Enseignement Superieur en Chimie Physique (en 1945) lleva como título "*Etude thermodynamique des phenomenes irreversibles*".

²⁹ "It is well known that while being very efficient in practice, the thermodynamic tool remains difficult to understand from the theoretical point of view. It is also well known that the difficulties encountered are not mathematical, but rather conceptual, and that they are perceived by those who have to learn thermodynamics as well as by those who have to teach it". Tane, J. (2000).

³⁰ Kauffman, S. (1993).

³¹ Kauffman, S. (1995).

³² Riofrío, W. (1998).

³³ Moser, J. (1975); Holmes, P.J. (1980); Devaney, R.L. (1985).

³⁴ Barenblatt, G.I. *et al.* (1983); Vidal, C.; Pacault, A. (1981); Mackey, M.C.; Glass, L. (1977); May, R. (1976).

³⁵ Babloyantz, A. (1986); Anderson, P.W. *et al.* (1988); Epstein, I.R. (1983).

³⁶ Prigogine, I. (1967); Eigen, M.; Schuster, P. (1979); Maturana, H.R.; Varela, F.J. (1975).

³⁷ Dennett, D. (1997); Fodor, J. A. (1992); Leslie, A. (2000).

³⁸ Entre los diversos grupos de investigación podemos señalar a los siguientes: El Instituto Santa Fe; CALResCo; EVALife: Self-organisation in life-cycles; natural organization and evolution; nonlinear and

chaotic systems; genetic algorithms and evolutionary computation; fractal and self-similar systems, entre otros.

³⁹ Entre los diversos journals que empiezan a aparecer podemos indicar: Complexity; Emergence: Complexity Issues in Organizations and Management; U.K. Non-Linear News; Complexity International; Chaos, entre otros.