

**Publicado en EL GIRO PICTÓRICO: Epistemología de la Imagen,
compilado por Mario Casanueva y Bernardo Bolaños, Anthropos-UAM 2009**

Los diagramas en la epistemología

*Sergio F. Martínez**

Introducción

La epistemología usualmente se entiende como un estudio de la manera en la que el conocimiento corresponde a los hechos. Esta es una visión tradicional muy extendida de lo que es la epistemología. Sin embargo, no es la única. Uno puede pensar que la epistemología tiene que ver con otro tipo de éxito cognitivo que no se reduce a la mera correspondencia con los hechos. A un fin cognitivo de este tipo muchas veces se le caracteriza como *entendimiento*. Buena parte de la filosofía de la ciencia y de la epistemología coinciden en aceptar la idea que el conocimiento fáctico es preeminente y por lo tanto, cuando se habla de entendimiento se piensa en un fin epistémico subordinado a la búsqueda de conocimiento fáctico o bien en un mero fenómeno psicológico. Hempel, por ejemplo, consideraba que el entendimiento sólo podía caracterizarse como un fenómeno subjetivo, psicológico, y por lo tanto no apropiado para jugar un papel

* Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

en la filosofía de la ciencia (Hempel 1965). En la medida que “entender” requería referencia a personas y conceptos, el entendimiento era un concepto pragmático que no tenía lugar en la filosofía de la ciencia.

Uno de los más influyentes seguidores, y crítico de Hempel, Wesley Salmon, hizo ver que muchas explicaciones científicas no se adecuaban al modelo de Hempel, ya que en la ciencia la identificación de estructuras causales era muy importante, y esas estructuras no podían modelarse en términos del tipo de estructuras lógicas que Hempel pensaba eran primarias para dar cuenta de la explicación científica. Salmon (1984) consideraba que la identificación de los mecanismos causales que dan cuenta de los fenómenos empíricos “es la clave para nuestro entendimiento del mundo” (p.160). Así, el concepto de entendimiento para Salmon ya no es subjetivo, pero su objetividad proviene del conocimiento fáctico, se asocia con lo que se considera un criterio distintivo del conocimiento fáctico, un criterio que nos puede servir de guía para caracterizar las explicaciones científicas como aquellas que describen procesos causales e interacciones de cierto tipo. La idea de Salmon es pues que el entendimiento es un resultado de reconocer que el entendimiento científico puede caracterizarse de manera objetiva una vez que se reconoce que el criterio unificador de toda la empresa científica es la identificación de causas. Peter Lipton es otro que considera que el entendimiento no es más que “conocimiento de causas” (Lipton 2004, p. 30).

Esta idea que el entendimiento científico consiste en alguna caracterización unificada del conocimiento fáctico ha sido desarrollada en otras direcciones. Michael Friedman (1974) propuso que el entendimiento científico era el resultado

de la reducción del número total de fenómenos independientes que tenían que ser aceptados como dados. Philip Kitcher (1993) ha desarrollado una variante de esa idea, que a diferencia de Friedman, considera que la unificación no es el resultado de una reducción de los fenómenos que tenemos que aceptar como independientes sino de la reducción en los esquemas inferenciales que constituyen la ciencia. Darwin promovió el entendimiento en la medida que hizo ver que muchas explicaciones que antes eran formuladas a partir de diferentes cuerpos teóricos fueron a partir de Darwin derivadas de un mismo cuerpo teórico. Esta reducción de cuerpos teóricos la identifica Kitcher con entendimiento.

En epistemología hay también varios intentos de caracterizar entendimiento como una cierta perspectiva particularmente iluminadora del conocimiento fáctico. Una propuesta desarrollada en bastante detalle es la de Kvanvig (2003). Para Kvanvig el entendimiento como el conocimiento es un estado mental en el que las creencias que constituyen ese estado deben de ser verdaderas. A diferencia del conocimiento, sin embargo, el entendimiento es una cuestión puramente interna al estado cognitivo en cuestión: “Lo que es crucial en el entendimiento es la apreciación o el ver interno de relaciones explicativas en un cuerpo de información.” (Kvanvig 2003, p 198). Esta idea en realidad resuena con las propuestas mencionadas anteriormente provenientes de la filosofía de la ciencia. Si bien, en las propuestas en filosofía de la ciencia no se habla de entendimiento como un estado mental, se piensa igualmente que el entendimiento consiste en la apreciación de relaciones explicativas en un cuerpo de información, si bien hay discrepancias respecto a cuáles serían las relaciones explicativas pertinentes.

Todas estas propuestas para caracterizar el entendimiento tienen un común denominador. Asumen que el entendimiento es una cierta perspectiva subjetiva del conocimiento fáctico. Hay varias críticas de esta manera de conceptualizar el entendimiento. Elgin (2007) elabora una crítica bastante interesante y pertinente para nuestros propósitos. Ella hace ver que la ciencia utiliza muchas veces idealizaciones y modelos que estrictamente hablando son falsos y, por lo tanto, el entendimiento no puede consistir en una mera correspondencia con los hechos. Estoy básicamente de acuerdo con esta crítica de Elgin y abajo desarrollo una propuesta de lo que es entendimiento en esta dirección. Mi tesis central es que esa dimensión no fáctica del conocimiento consiste sobre todo en la integración de representaciones heterogéneas. Las representaciones heterogéneas son diferentes representaciones de una cosa o proceso que no podemos ver como describiendo partes que pueden agregarse para constituir una representación más completa, pero son la mejor representación del proceso que podemos tener.

Lo que quiero hacer aquí es sugerir que el entendimiento como algo más que conocimiento fáctico requiere reconocer la importancia que tiene la heterogeneidad del razonamiento. Es decir, una vez que se reconoce que hay diferentes tipos de razonamiento asociados con diferentes tipos de representación que utilizan diferentes criterios de corrección (en particular para diferentes tipos de inferencia), entonces se requiere la noción de entendimiento para dar cuenta del tipo de logro cognitivo que está relacionado con la capacidad de integrar diferentes tipos de representación e inferencia.

Por supuesto, esto nos obliga en primer lugar a tomar una cierta distancia del presupuesto central que usualmente asocia entendimiento con una manera de

ver el conocimiento fáctico. Bill Wimsatt ha hecho ver en varios trabajos que un modelo falso puede ser importante para llegar a teorías verdaderas¹. Esto sugiere que la verdad, o la aproximación a la verdad, no tienen que ser una exigencia indispensable a la hora de caracterizar la epistemología. Si se acepta que los modelos falsos pueden jugar un papel importante en la epistemología ya no parece tan remoto poder aceptar que las imágenes juegan un papel importante epistemológico en la ciencia. Las imágenes no son falsas, ni verdaderas, pero pueden jugar un papel epistemológico importante, precisamente porque, como los modelos falsos, muchas veces su papel no consiste en agregar información, ni siquiera en poner creencias verdaderas en una perspectiva (subjetiva) que nos da entendimiento, como lo propone Kvanvig (2003).

Más bien, podría argüirse que las imágenes, como los modelos falsos, son importantes en epistemología por dos razones relacionadas. Una razón es que *nos ayudan a diagnosticar el origen de errores o confusiones y por lo tanto permiten calibrar nuestros criterios de lo que es una buena inferencia o una buena explicación*. Wimsatt por ejemplo nos hace ver cómo la teoría de la herencia de Darwin, si bien profundamente equivocada, nos ayuda a entender mejor las potencialidades y limitaciones de la teoría de Mendel (véase Wimsatt 1987). La otra razón relacionada es que las imágenes (como los modelos falsos) muchas veces guían la integración de saberes, y en la medida en que esa integración

¹ “Los modelos científicos son tan útiles por los supuestos falsos que hacen como por las verdades que pueden apoyar. Es común que uno diseñe un modelo falso deliberadamente para que sea usado como un patrón que sea comparable con los datos, sobre todo si uno no está interesado en que tan bien encaja con los datos sino en la forma de los residuos- en donde no encaja, y en el porqué y el cómo (Wimsatt 1987). Esto puede ser una herramienta importante en la construcción de una nueva teoría”. (Wimsatt 2007, capítulo 6).

constituye muchas veces un nuevo saber, llegan a ser parte constitutiva de un saber. Los saberes artísticos y técnicos muchas veces incluyen imágenes como parte constitutiva del saber². No me interesa aquí entrar en la discusión sobre lo que es un saber, a diferencia de conocimiento, lo único que me interesa recalcar ahora es que un saber es un tipo de conocimiento que no necesariamente se hace explícito como información sobre hechos que son, o no el caso, y muchas veces no puede caracterizarse meramente como conocimiento proposicional (conocimiento qué). Es un tipo de conocimiento que depende de aspectos implícitos de la situación o el tema respecto al cual ese conocimiento se considera un saber. Un saber involucra muchas veces lo que en la epistemología tradicional se conoce como “conocimiento cómo”. En las secciones siguientes doy ejemplos de saberes que ayudarán a entender el concepto de saber que estoy proponiendo. En otros trabajos desarrollo más a fondo el concepto de saber que utilizo aquí (ver en particular Martínez 2008).

De la cultura visual al entendimiento científico

La idea de que las imágenes son una parte importante y constitutiva de ciertos saberes ha sido promovida de muchas maneras diferentes en historia y sociología de la ciencia. En su famoso estudio sobre la historia de la geología en el siglo XIX, Rudwick (1985) ha hecho ver la importancia crucial que tiene en el desarrollo de la geología la invención de una serie de técnicas para la representación gráfica de diferentes aspectos de la Tierra. Rudwick en particular hace ver cómo ese saber

² No es casualidad que los historiadores y sociólogos interesados en la cultura material de la ciencia sean quienes han estado más interesados en el estudio de la cultura visual (ver la próxima sección).

es el resultado de un largo proceso de desarrollo de un “lenguaje visual” que eventualmente permitió representar la historia de la dinámica de los estratos geológicos. Deja claro que los mapas y otras técnicas de representación gráfica no son meras herramientas auxiliares, utilizadas para ilustrar una teoría, sino que más bien son elementos constitutivos de los argumentos de un nuevo saber.

En un reciente número de *Isis* (marzo de 2006) Norton Wise en el trabajo introductorio a una sección especial, FOCUS, dedicada a la cultura visual de la ciencia, menciona algunas de las formas genéricas de visualización que considera han jugado un papel importante en la historia de la ciencia: los instrumentos ópticos, los mapas, los museos, las proyecciones, los métodos gráficos, los métodos matemáticos, el escaneo, la simulación, y por supuesto el dibujo y la pintura. Entre los métodos gráficos menciona los diagramas indicadores en las máquinas de vapor inventadas por James Watt y John Southern, y el miógrafo de Helmholtz que permitía trazar la “curva de energía” del músculo de un sapo. Los diferentes trabajos examinan diferentes maneras en las que las imágenes ya no se consideran meras ilustraciones o mera tecnología, y pasan a entenderse como maneras de hacer conocimiento. Las diferentes maneras en las que esos diferentes trabajos encuentran que las imágenes son parte constitutiva de la generación del conocimiento de manera consistente, muestran que el problema de la construcción de representaciones pictóricas generadoras de conocimiento es un proceso bastante complejo. Un proceso en el que, por ejemplo, la representación de lo natural depende del significado de lo que se entiende por natural, que a su vez surge de una interacción entre diferentes tipos de prácticas, de donde surgen

los estándares que guían la hechura de representaciones así como las convenciones utilizadas para su interpretación (véase en particular Smith 2006).

Los historiadores y sociólogos de la ciencia estudian hoy en día la cultura visual de la ciencia desde muchas perspectivas diferentes. Los filósofos de la ciencia le han prestado poca atención. En buena medida esto se debe a la manera como usualmente los filósofos de la ciencia entienden el conocimiento científico, como conocimiento fáctico que puede articularse proposicionalmente. La filosofía de la ciencia entonces tiende a reducirse al estudio de la sintaxis o la semántica de teorías que en última instancia se entienden como representando conocimiento fáctico. En esta sección quiero esbozar una manera en la que el reconocimiento de la cultura visual de la ciencia como parte integral de la generación de conocimiento científico, debe de ser tomada en cuenta en una epistemología que reconoce la importancia de diferentes tipos de representaciones, y en particular la importancia de representaciones pictóricas como parte del acervo representacional sobre el que se asienta el crecimiento del conocimiento. Voy a centrarme en la importancia epistemológica de un tipo particular de imágenes, los diagramas.

Cuando Wise menciona los diagramas como una forma de visualización, habla de diagramas en las ciencias experimentales. Es indudable que el tipo de diagramas que más han estudiado los historiadores y sociólogos son ese tipo de diagramas, pero *en la ciencia los diagramas juegan también un papel muy importante en la construcción de teorías y en la integración de saberes a niveles bastante altos de abstracción en los que su uso es crucial para generar entendimiento*. Esta diversidad de usos recurre a un tipo de razonamiento que es

distintivo y que podemos llamar razonamiento diagramático. Antes de caracterizar este tipo de razonamiento tenemos que decir mínimamente algo respecto a qué entendemos por diagrama y su diversidad de usos. Voy a usar la geometría euclidiana como un ejemplo paradigmático de cómo los diagramas juegan un papel crucial en la constitución de saberes. Posteriormente, voy a mostrar, con algunos ejemplos desarrollados de manera muy somera, cómo el razonamiento a través de diagramas que ejemplifica la geometría euclidiana puede verse como generadora de entendimiento a lo largo y ancho de la ciencia.

Los diagramas y la geometría euclidiana

Un diagrama es un tipo de imagen (generalmente acompañada de texto, o por lo menos de letras) constituida por elementos espacialmente distribuidos que guardan relaciones significativas entre ellos, que dependen y varían de acuerdo con su proximidad espacial y de acuerdo con ciertas convenciones estables dentro de una comunidad, que permiten identificar su significado dentro de cierto tipo de saber³.

Ahora bien, una manera en la que es posible reconocer el papel epistémico de los diagramas es considerar que, por lo menos en algunos usos, contribuyen al entendimiento en la medida en que nos dan una justificación *a priori* por medio de la intuición. Esta era la idea de Kant y es la idea de varias propuestas

³ Por supuesto que como nos dice Goodman (1976, p. 170): “La mera presencia o ausencia de letras o figuras no hace la diferencia. Lo que importa en un diagrama, como con la cara de un instrumento es como lo leemos.” No es necesario en este trabajo adentrarnos en el problema de qué es un diagrama a diferencia de una gráfica o una pintura, por ejemplo. Todo lo que requiero es que se reconozca que un diagrama tiene elementos pictóricos que le son distintivos por la manera como los interpretamos. Parte de mi tesis es que esa manera de leer un diagrama ejemplifica un tipo de razonamiento que fácilmente identificamos y reconocemos porque cognitivamente es un tipo de recurso definido con un cierto tipo de representaciones.

contemporáneas que buscan entender el papel de los diagramas en la matemática (por ejemplo, Norman 2006). Según Norman, los diagramas son necesarios en el tipo de razonamiento que subyace la geometría euclidiana. El papel justificatorio de los diagramas no puede formularse como un argumento deductivo porque los diagramas justifican apelando a un contexto normativo implícito, implícito en los diagramas. Norman (capítulo 10) hace una distinción entre dos tipos de validez, validez lógica (sustitutiva) y validez temática. La corrección de las inferencias temáticas, que en este caso serían un tipo de inferencias visuales, depende de conocimiento tácito del sujeto que hace la inferencia. Así, una inferencia visual en la geometría puede ser temáticamente válida pero no lógicamente válida, porque el contexto de conocimiento pertinente no está explícito. La idea de fondo es claramente kantiana, un diagrama confiere justificación porque está basado en la habilidad del agente racional de adquirir y desplegar ciertos conceptos que capturan propiedades espaciales (que reconocemos *a priori*⁴).

La idea de Norman es sumamente sugerente, pero es posible retener la idea de que hay diferentes criterios de validez, y que no toda validez depende de inferencias substitutivas, sin tener que aceptar que esas diferencias tienen que respaldarse en las habilidades de un sujeto racional en adquirir y desplegar ciertos conceptos que reconocemos *a priori*. En el caso de la geometría euclidiana esto puede hacerse de diferentes maneras. Por ejemplo, Netz (1999) considera que los diagramas deben entenderse como prácticas que unen a la comunidad de

⁴ No quiero sugerir que este tipo de propuesta me parezca no viable. Creo que es una propuesta que puede explicar varios tipos de inferencia diagramática, pero difícilmente todos. En todo caso esto es un tema que rebasa el presente trabajo y que requeriría una discusión a fondo del concepto de *a priori* pertinente.

geómetras euclidianos precisamente porque articulan normas implícitas respecto a qué es una buena inferencia. Por lo menos para los griegos, según Netz, los diagramas no eran considerados como apéndices de las proposiciones, sino que se consideraban más bien el núcleo de una proposición. Las proposiciones eran individuadas por los diagramas, y por lo tanto los diagramas y el tipo de normas implícitas que articulan tenían que verse como normas asociadas con un saber relativamente autónomo de las proposiciones. Según Netz, para los griegos había una tensión esencial entre el diagrama como objeto físico y el texto. El diagrama concreto y el texto podían y muchas veces entraban en conflicto. El texto puede decir que las líneas son paralelas, mientras que en el diagrama no lo son. Lo que hace que esa tensión desaparezca, o se convierta en una tensión fructífera son las convenciones de interpretación que son precisamente parte del saber que es la geometría euclidiana. Sin embargo, estas convenciones no son arbitrarias. Precisamente, en la medida que las convenciones están reguladas por la identificación e individuación de proposiciones hay maneras correctas e incorrectas de leer un diagrama.

Consideremos el problema que se plantea Euclides en el primer libro de *Los elementos*: Construir un triángulo equilátero sobre una línea dada AB. La manera como Euclides resuelve el problema es utilizando el diagrama (1.1):

ENTRA FIGURA 1

Euclides razona como sigue: Si trazamos segmentos de línea a A y B de C, entonces el triángulo ABC es equilátero.

Este es un ejemplo muy conocido de una prueba que descansa sobre supuestos que son parte implícita del diagrama, pero que resultan ser defectuosos

desde la perspectiva de una concepción formal de la prueba que exige que en última instancia cualquier supuesto sea apoyado por una proposición. Euclides no da ninguna razón que elimine la posibilidad de que no sea cierto que, como se asume en la prueba, exista un punto C en el cual los círculos ABD y BAE se intersecten, lo que se ilustra en (1.2).

Greaves (2002) arguye que Euclides parecía tener claro que había propiedades de los diagramas que no representaban relaciones entre objetos geométricos, y otras que sí. Creo que Greaves tiene razón en que esta distinción juega un papel muy importante en la caracterización y desarrollo de la geometría euclidiana. ¿Pero cómo puede sustentarse esta distinción? Greaves, como varias otras propuestas recientes, vease Miller (2007) por ejemplo, sugieren maneras en que los diagramas juegan un papel esencial en la determinación de las propiedades que representan relaciones entre objetos geométricos. Otra manera de sustentar esta es la que Netz sugiere (en Netz 1999). Según él los diagramas *individualizan* proposiciones, y de esa manera nos permiten distinguir entre esos dos tipos de propiedades, a través de un examen de las inferencias que permiten o no. Desde esa perspectiva, una tarea central de la geometría euclidiana sería desarrollar pruebas a partir de diagramas, de manera tal que esas pruebas esclarecieran cuáles propiedades representaban (y cuáles no) relaciones entre objetos geométricos.

Nótese que si se asume, como lo hace un platonista, que los objetos geométricos existen independientemente de los diagramas y de lo que podamos encontrar a través de construcciones con esos diagramas, entonces el problema desaparecería. El problema que parece guiaba a Euclides era un problema que no

se le presentaría a un platonista. Para Euclides, los diagramas representaban los objetos geométricos, pero no los representaban como meras copias o incluso como correspondencias definidas con “hechos”. Un círculo debería entenderse como un ente abstracto, pero no como un ente platónico abstracto, sino como abstracciones enraizadas en un medio gráfico. Desde esta perspectiva, nuestras construcciones son confiables en la medida en que se refieren a esas abstracciones, las abstracciones implícitas en los diagramas y las maneras como los diagramas se manipulan (de acuerdo con normas implícitas en las prácticas de la geometría euclidiana).

En un sentido, los diagramas para Euclides eran herramientas que permitían un cierto tipo de estudio experimental de objetos geométricos. No experimentos en el sentido tradicional en el que un experimento “descubre” un hecho, sino más bien en el sentido que alguien como Cartwright (1989) habla de un experimento como ejemplificando una capacidad, la capacidad de los diagramas para llevarnos a un saber geométrico (euclidiano). Ese saber no es un saber que puede reducirse al conocimiento de propiedades específicas de los objetos geométricos, porque mucho de ese saber depende de cómo vamos decidiendo como parte de la práctica geométrica cuáles son las propiedades confiables que nos permiten apoyar inferencias, y cuáles no. Este tipo de conocimiento no se reduce a enunciados de la forma “objeto x tiene propiedad a ”. Es sólo a través de la manipulación de los diagramas y de la constatación de diferentes manipulaciones y de lo que aparentemente podemos o no hacer, que se va delineando un saber que nos inclina a decidir cuáles son las propiedades que

importan, y por lo tanto, qué son los objetos de la geometría que representan los diagramas.

En resumen, la geometría euclidiana es un tipo de saber constituido por las proposiciones que pueden individualizarse a través de un estudio de las inferencias que permiten los diagramas, de acuerdo con ciertas normas (implícitas en parte) establecidas como parte de una comunidad de geómetras. En este sentido, los diagramas juegan un papel muy importante en la constitución de ese saber que llamamos geometría euclidiana.

El entendimiento o saber que proviene de poner en perspectiva situaciones y hechos no puede reducirse a la mera agregación de proposiciones individuales. Por ejemplo, podemos saber, en el sentido de tener conocimiento, que dos más dos es cuatro, que el gato está sobre la alfombra y que la capital de Perú es Lima, pero esa información no es parte de un saber, o no podemos decir que promueve el entendimiento a menos que se integre en un todo respecto al cual cada oración tenga sentido. Saber requiere integración de información, pero esa integración no siempre puede entenderse como mera agregación de información. El conocimiento que tenemos sobre líneas rectas, triángulos, círculos y otras figuras geométricas se integra en ese saber que es la geometría euclidiana. Pero todo lo que podamos saber sobre rectas por separado, o sobre triángulos por separado, no suma lo que la geometría euclidiana nos dice sobre rectas y triángulos. Si bien un diagrama no describe las cosas “tal y como son” (fácticamente), tiene una capacidad para hacernos ver relaciones entre cosas que son verdades relevantes, importantes como parte de una caracterización de una visión coherente y comprensiva de las cosas.

Los diagramas en la constitución de saberes: más allá de la geometría euclidiana

La tesis central de este trabajo es que los diagramas juegan un papel muy importante en la constitución de saberes en la ciencia en la medida que contribuyen a dar cuenta de la estructura lógica de formas de razonamiento que no se representan en forma exclusivamente lingüística. Desde diferentes perspectivas, éste es un tema importante en la lógica desde los años ochenta, por lo menos. El laboratorio sobre inferencia visual (*Visual Inference Laboratory*) establecido en 1992 precisamente se proponía como objetivo el estudio “de las propiedades lógicas y cognitivas de las representaciones visuales y su papel en el razonamiento” (Allwein y Barwise 1993). La idea básica que guía ese proyecto es la tesis de que hay diferentes tipos de representaciones, y que los diagramas son un tipo de representación que ellos caracterizan como “homomórfico”. Una representación homomórfica preserva estructura en la medida en que se satisfacen varios criterios:

- i) La incompatibilidad de tipos de iconos corresponde a la incompatibilidad de propiedades.
- ii) Un subtipo de un tipo se representa por medio de propiedades que están en una relación correspondiente de propiedad a subpropiedad.
- iii) Toda posibilidad es representable, y por lo tanto no hay situaciones posibles que se representan como imposibles (Allwein y Bairwise 1993, p.3).

Las representaciones lingüísticas, por supuesto, no son por lo general homomórficas.

Las representaciones homomórficas son importantes porque el homomorfismo lleva consigo implícitamente una serie de constreñimientos que guían el razonamiento y que por lo tanto hacen innecesarias inferencias explícitas con representaciones lingüísticas. Uno puede pensar que esto simplemente quiere decir que este tipo de inferencias son útiles pero dispensables desde el punto de vista del análisis de qué es razonamiento. Sin embargo, hay por lo menos dos tipos de consideraciones que fuertemente sugieren que debemos abandonar la pretensión de que existe un esquema universal de representación.

Un tipo de consideración proviene de estudios empíricos sobre el razonamiento que muestran que si el razonamiento de agentes no explota de alguna forma la estructura del medio ambiente, los agentes requieren de capacidades cognitivas que no son realistas (Cherniak 1986). Muchas líneas de investigación contemporánea respecto al razonamiento y la cognición desarrollan este tipo de supuesto; por ejemplo, Gigerenzer and Todd (1999). Los estudios sobre sesgos y su relación con la estructura heurística del razonamiento conforman una de las líneas más conocidas en esta dirección. En la medida en que se deja atrás el supuesto de que somos agentes laplacianos sin restricciones de memoria o capacidad de computación tenemos que reconocer la importancia del tipo de razonamiento situado que se describe usualmente como “heurístico”⁵. Un razonamiento heurístico no tiene que responder a un tipo particular de representación. Es más, estudios recientes en robótica sugieren que la cognición

⁵ Esta tradición, en una de sus vertientes principales viene de las famosas investigaciones de Kahneman y Tversky en los años setenta, hoy en día se desarrolla en varias direcciones. La psicología evolucionista y las propuestas de racionalidad acotadas de Simon a Gigerenzer son diferentes líneas de esta tradición (vease Kahneman, Slovic y Tversky 1982, Gigerenzer y Todd 1999).

humana, en la medida que es capaz de resolver problemas en tiempo real y de manera eficiente, utiliza lo que algunos llaman “cognición empotrada” (*grounded cognition*)⁶. Podemos ver cómo este tipo de trabajo se compromete con la heterogeneidad de las representaciones partiendo de uno de los trabajos pioneros en este campo. Hace unos veinte años, Rodney Brooks propuso que la única manera en la que se iba a poder superar el impasse existente entonces en la inteligencia artificial para el desarrollo de inteligencia autónoma y capaz de resolver situaciones no triviales de interacción con el mundo era reconociendo lo que él llamó una “inteligencia sin representación”. Brooks proponía un tipo de inteligencia basado en “sistemas reflejos”, que respondían de manera independiente a determinados tipos de problemas. Un “agente” consistiría de muchos de esos sistemas que de manera independiente resuelven determinados problemas. Una señal puede pasar de un sistema a otro pero los diferentes sistemas no comparten estados. Si bien un sistema puede inhibir determinados resultados o suprimir determinados insumos y de esa manera cambiar el comportamiento global. En un sentido importante no puede hablarse aquí de una “representación”. No hay explícitamente fines, planes o modelos del mundo exterior. Pero implícitamente, por lo menos, parece que *tiene* que haberlos. El mismo Brooks reconoce esto. La manera de formular más apropiadamente el punto que hace Brooks no es que puede haber inteligencia sin representación, sino que puede haber representaciones “que son modelos parciales del mundo” (Brooks 1991). Es pues claro que lo que Brooks rechaza es la idea de representaciones que requieren un procesador central que modele el mundo de

⁶ Para un panorama de las diferentes propuestas de este tipo, ver Anderson 2003, Wilson2002

manera homogénea. En lugar de la unificación en la representación de los diferentes insumos provenientes de los diferentes sistemas, Brooks piensa que los diferentes sistemas integran sus representaciones parciales a través de la manera particular en la que se van jerarquizando en el tiempo para resolver problemas y adaptarse de esa manera a un determinado medio ambiente. De esta manera debe de entenderse la famosa frase de Brooks según la cual “el mundo es su mejor modelo”. Es sólo en la interacción con el mundo como el agente va realmente teniendo modelos del mundo, modelos parciales, que muchas veces son heterogéneos. A grandes rasgos, dos representaciones son heterogéneas cuando sus maneras de representar el mundo no pueden verse como formando parte de una representación más amplia que incluya a las dos sin pérdida de información o poder explicativo.

Un segundo tipo de consideración proviene del reconocimiento de la importancia de la heterogeneidad de representaciones en razonamientos usuales en la ciencia. Este es el tipo de consideración esgrimida por Barwise (Allwein y Barwise 1993). La idea de fondo es que en el diseño de un chip de computadora, por ejemplo, tienen que conjugarse diferentes tipos de consideraciones. Tiene que tomarse en cuenta el papel que va a jugar en control, puertas lógicas y cuestiones de tiempo, por lo menos. Los ingenieros responden a esas diferentes consideraciones utilizando tres diferentes tipos de representaciones. Tablas de estado para la representación del control, diagramas de circuitos para la representación de información de puertas (*gates*), y diagramas de tiempo para la representación del tiempo. Cada una de estas representaciones (claramente homomórficas) tiene sus propios estándares de interpretación. Una línea en un

diagrama representa una conexión entre puertas, en otra representa transiciones posibles entre estados, y en otra el valor en un cable en el tiempo. Lo importante es que estas representaciones heterogéneas son importantes para resolver un mismo problema, pero no podemos pensar que esas representaciones son parte de una representación más completa respecto a la cual esas tres representaciones son parte. Los diferentes estándares juegan un papel en el razonamiento que lleva al planteamiento del problema. En la medida que hacemos compatible esas representaciones perdemos las propiedades de la representación que nos es útil en el planteamiento del problema. En otras palabras, la incompatibilidad de los estándares de interpretación de los diferentes diagramas representa algo importante en el mundo, algo que tenemos que tomar en cuenta para poder plantear el problema de manera apropiada⁷.

Esta incompatibilidad de los diagramas apunta hacia algo distintivo del razonamiento con diagramas, apunta precisamente a un sentido importante en el que el uso de diagramas en el planteamiento de un problema o como recursos para entender cómo se integran diferentes saberes, es diferente de unificación. Los diagramas, por lo menos en el sentido que nos interesa aquí recalcar, no pueden entenderse como representaciones que modelan partes compatibles del mundo, sino más bien deben entenderse como representaciones empotradas en una interacción, o serie de interacciones con el mundo, que a través de su

⁷ La heterogeneidad de las representaciones es un rasgo distintivo (aunque no necesariamente exclusivo) de las representaciones manipuladas en el razonamiento con diagramas. La heterogeneidad es el origen de la "tensión" a la que Netz se refiere cuando dice que hay una tensión entre texto y diagrama. Pero una tensión similar puede darse entre diagramas, como vemos a continuación.

incompatibilidad nos permiten integrar diferentes representaciones (“modelos parciales”) en relación a un fin que en última instancia es entendimiento.

Veamos otro ejemplo. Feynman nos dice que Kepler encontró que cada planeta da vueltas alrededor del Sol en una curva llamada elipse⁸. Además se dio cuenta de que los planetas no van con velocidad uniforme, sino que se mueven más rápido cuando están más cerca del Sol, y más despacio conforme están más lejos. Supongamos que observamos un planeta en dos tiempos sucesivos, con una semana de diferencia, digamos, cuando el planeta está bastante cerca del Sol (véase la Figura 2). Los dos radio vectores limitan una cierta área plana (que corresponde al área barrida de cuando el planeta pasa de la posición c a la posición d).

ENTRA FIGURA 2

Si hacemos otra observación similar cuando el planeta está más lejos del Sol (el área barrida del punto a al punto b) lo que nos dice la ley es que las áreas en ambos casos son la misma. Ahora bien, la ley de Kepler integra conocimiento que proviene de la geometría euclidiana, con ciertos principios básicos de mecánica newtoniana. Pero esta integración no une simplemente dos tipos de representación. En realidad la integración es bastante compleja y si nos detenemos a examinarla encontramos incompatibilidades importantes. Por ejemplo, se asume que los planetas son puntos, que las fuerzas actúan sobre un punto, que el espacio es homogéneo y que los planetas giran en planos que permiten representar la órbita como una elipse plana. Todos estos supuestos son, bien vistas las cosas, falsos.

⁸Ver Feynman 1964

No obstante, la integración anterior de un saber sobre geometría plana, con un saber sobre mecánica genera entendimiento. Pero el entendimiento, como en el caso anterior de los circuitos eléctricos, tiene que verse como teniendo una dimensión teleológica, el entendimiento presupone el tipo de situación o problema que queremos entender. Los planetas giran en órbitas más o menos planas, pero no “realmente” o “exactamente” planas. Podemos entender entonces que *lo que logra la integración de un saber geométrico con un saber sobre mecánica newtoniana no es una mera descripción de la realidad, sino la orientación de saberes de forma tal que constituyen un saber sobre el movimiento de los planetas que va más allá de las leyes de Newton sobre la mecánica y más allá de la geometría euclidiana.* Un saber que podemos usar de manera integrada para entender la estructura física del mundo y en particular la astronomía planetaria.

Y para concluir quiero brevemente referirme al famoso diagrama que presentó Darwin en el origen de las especies (véase Figura 3).

ENTRA FIGURA 3

En este diagrama podemos ver resumido el argumento central de *El origen de las especies*. Diferentes saberes sobre genealogía, fisiología, geografía, geología, embriología, etc., pueden verse como integrados en el sentido que esos diferentes saberes pueden verse como recursos que utilizados de cierta manera y en cierto orden nos permiten entender la historia de la vida y la diversidad de formas vivientes, lo que a su vez nos permite mejorar nuestro conocimiento de saberes específicos, sobre la embriología, por ejemplo. El diagrama, sin embargo, no es un resumen ni un modelo. Es una manera de entender todos esos diferentes saberes como integrados en una manera de plantearse los problemas. El diagrama sigue

siendo útil no simplemente para exponer la teoría de Darwin, sino también como parte de una interpretación crítica del árbol filogenético, que a su vez nos sirve de guía en el planteamiento de posibles relaciones fructíferas entre avances en diferentes áreas de la biología, y más allá, por ejemplo a través del desarrollo de explicaciones de fenómenos sociales basadas en modelos evolucionistas. Como dice Wimsatt (ver nota 1) en relación a la teoría falsa de Darwin sobre la herencia, el diagrama juega un papel importante en sugerirnos limitaciones y relaciones entre diferentes tipos de saberes, limitaciones y relaciones que es importante entender⁹. El razonamiento diagramático es particularmente útil en organizar diferentes tipos de conocimiento en un todo orgánico y con sentido que es fácilmente comunicable, si conocemos los estándares interpretativos que guían la interpretación del diagrama.

Logramos avanzar el entendimiento en la medida que se establecen criterios de interpretación del diagrama que nos permiten identificar aspectos relevantes de una imagen (que constituyen el diagrama) con aquellos aspectos o propiedades abstractas de complejas interacciones entre saberes que hemos aprendido a reconocer como importantes para el avance del entendimiento, a través de teorías, experimentos, modelos, etc. Este tipo de retroalimentación entre saberes va de la mano del reconocimiento de las propiedades relevantes del tipo de cosas sobre las que se constituye un saber.

⁹ La relación entre genómica y evolución es un buen ejemplo contemporáneo de cómo el razonamiento diagramático puede jugar un papel en el avance de la ciencia. La evolución puede ser mejor entendida en la medida que tenemos una mejor idea de las secuencias genómicas. Winther 2008 muestra este carácter integrador de la teoría de Darwin. A su vez, la genómica puede avanzar en la medida que la evolución guía la reconstrucción de las secuencias. Este tipo de retroalimentación entre saberes es precisamente el tipo de avance del entendimiento que consideramos preeminente.

Referencias bibliográficas

- ALLWEIN, G. y J. BARWISE (eds.) 1993, *Working Papers on Diagrams and Logic*, Thecnical Report, Indiana University Logic Group, Visual Inference Laboratory. Bloomington.
- ANDERSON, M. L. 2003, "Embodied Cognition: A Field Guide." *Artificial Intelligence*, vol. 149, parte 1, pp. 151-156.
- BROOKS, R. 1991, "Intelligence without Representation", en *Artificial Intelligence*, vol. 47, pp. 139-159.
- CARTWRIGHT, N. 1989, *Nature's Capacities and their Measurement*, Clarendon Press, Oxford.
- CHERNIAK, C. 1986, *Minimal Rationality (A Bradford Book)*, The MIT Press, Cambridge.
- ELGIN, C. 2007, "Understanding and the Facts", *Philosophical Studies* vol. 132, núm. 1, pp 33-42.
- Feynman R. 1964, *The Feynman Lectures on Physics* (with Leighton and Sands), Addison-Wesley.
- FRIEDMAN, M. 1974, "Explanation and Scientific Understanding", en *The Journal of Philosophy*, vol. LXXI, núm. 1 (enero), pp. 5-19.
- GOODMAN, N. 1976, *Languages of Art, An Approach to a Theory of Symbols*, 2a Ed., Hackett, Indianápolis.
- GREAVES, M. 2002, *The Philosophical Status of Diagrams*, CSLI Publications, Stanford.
- Gigerenzer G. Todd P. and the ABC Group, 1999, *Simple Heuristics that Make us Smart*. Oxford University Press, New York.
- HEMPEL, C. 1965, *Aspects of Scientific Explanation, and Other Essays in the Philosophy of Science*, The Free Press, Nueva York.
- Kvanvig, J. (2003). Knowledge and understanding. In *The value of knowledge and the pursuit of understanding* (pp. 185–203). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kahneman, D., P. Slovic y A. Tversky (comps.), 1982, *Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge University Press, Cambridge.
- KITCHER, P. 1993, *The Advancement of Understanding*, Oxford University Press, Oxford.
- LIPTON, P. 2004 *Inference to the Best Explanation*, 2ed Routledge, Londres, Nueva York.
- MARTÍNEZ 2008, "Understanding as the diagramatization of knowledge" ms. en homepage.mac.com/sergiof.martinez/publicac-SFMartinez.
- MILLER, N. 2007, *Euclid and His Twentieth Century Rivals: Diagrams in the Logic of Euclidean Geometry*, Chicago University Press, Chicago,
- NETZ, R. 1999. *The Shaping of Deduction in Greek Mathematics*, Cambridge University Press. Cambridge.
- NORMAN, J. 2006, *After Euclid: Visual Reasoning and the Epistemology of Diagrams*, CSLI Publications, Stanford.
- RUDWICK, M. 1985, *The Great Devonian Controversy*, University of Chicago Press, CHicago.
- SALMON, W. 1984, *Scientific Explanation and the Causal Sructure of the World*, Princeton University Press, Princeton.
- SMITH, P. 2006 "Art, Science, and Visual Culture in Early Modern Europe." *Isis* vol. 97, núm. 1, pp. 83-100.
- Wilson M. 2002 *Psychonomi Bulletin & Review*, 9(4), 625-636.

Wimsatt, W. 1987, "False Models as means to Truer Theories", en M. Nitecki and A. Hoffman (eds.), *Neutral Models in Biology*, Oxford University Press, Londres, pp. 23-55.

_____ 2007, *Re-engineering philosophy for Limited Beings: Piecewise Approximations to Reality*, Harvard University Press, Cambridge.

Winther R. 2008 (en prensa) Systemic Darwinism Procs Nat. Academy of Sciences.

Wise, N. 2006, "Making Visible", *Isis* vol 97, núm. 1, pp. 75-82.

FIGURAS

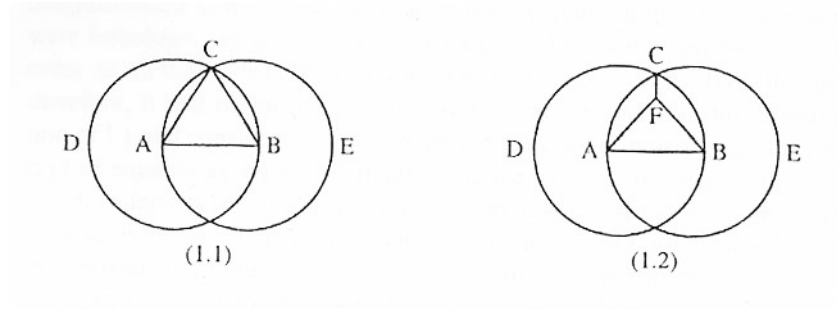


Figura. 1

Diagrama para mostrar La ley de Kepler de las áreas iguales

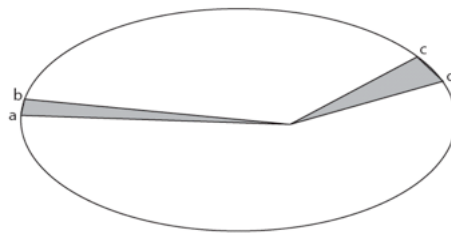


Figura. 2

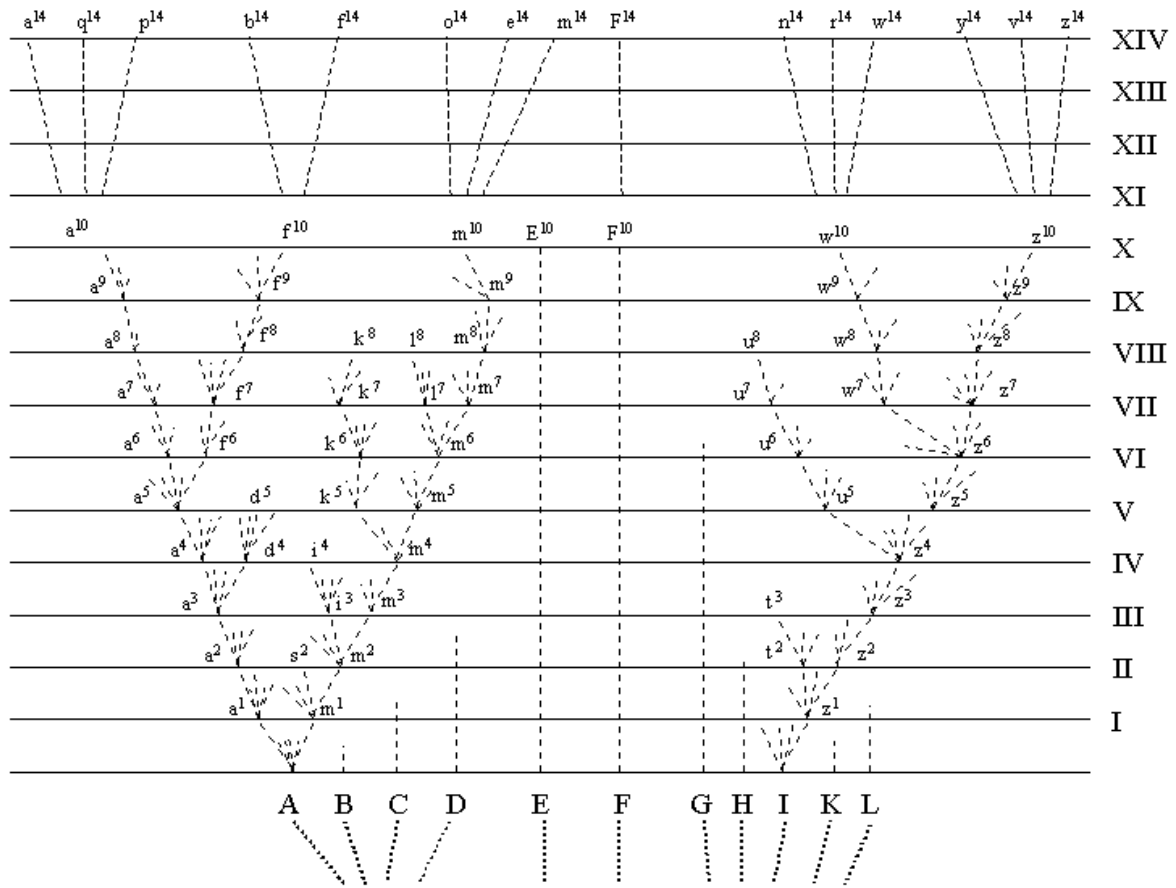


Figura 3