

Epistemología de las imágenes en astrofísica

Eduardo Zubia

Resumen

Nuestro objetivo es establecer las bases para una epistemología adaptada a la astrofísica, ciencia que juega un papel fundamental en la evolución del conocimiento en el siglo XXI, y que entendemos no ha sido tratada suficientemente en la literatura filosófica. Nuestro primer problema surgirá al considerar el fundamento empírico de la disciplina, que se halla en la observación mediada por instrumentos —dadas las necesarias limitaciones de la experimentación manipulativa— y que distingue a la astronomía en el contexto de la ciencia moderna. El segundo problema vendrá al constatar los valores estéticos y retóricos transmitidos por las imágenes astronómicas, y la consiguiente dificultad para establecer criterios de objetividad en la argumentación científica vehiculada por un lenguaje visual. Concluiremos identificando buenas prácticas en la literatura científica para el uso de las representaciones visuales, lo que nos llevará a distinguir en nuestro estudio cuatro áreas epistémicas complementarias para la astrofísica; argumentaremos que estas pueden ser generalizadas a otras ciencias naturales.

Abstract

Our aim is to establish the grounds for an epistemology adapted to astrophysics, a science that plays a fundamental role in the evolution of knowledge in the 21st century, and which seems to us has not been discussed enough in the philosophical literature. Our first problem arises when we consider the empirical basis of the discipline, which relies on instrument-mediated observation —given the necessary limitations of manipulative experiments— and that singles out astronomy in the context of modern science. Our second problem comes up when we note the aesthetic and rhetorical values transmitted by astronomical images, and consequently the difficulty to establish objectivity criteria in scientific argumentation carried out by means of visual language. We conclude by identifying good practices in the scientific literature for the use of visual representations, which will take us to identify in our study four complementary epistemic fields for astrophysics; we will argue that they may be generalised to other natural sciences.

Introducción

En este trabajo nos interesamos por las imágenes que aparecen en las publicaciones científicas, en particular en el área de la astrofísica. Nuestro objetivo es identificar buenas prácticas epistémicas en el uso de las representaciones visuales. Para ello examinaremos en la primera parte los fundamentos epistémicos de la observación científica. En la segunda parte estudiaremos el papel argumentativo asumido por las imágenes en las ciencias naturales. La tercera parte estará dedicada a diferenciar cuatro ámbitos de la práctica científica a los que corresponden usos epistémicos específicos de las imágenes.

La observación en las ciencias físicas

La astronomía constituye un campo privilegiado para reflexionar sobre el estatuto epistémico de la observación científica. Alejados de su objeto de estudio, desprovistos de técnicas experimentales directas, los astrónomos deben clasificar fenómenos, inducir hipótesis, evaluar modelos y formular teorías recurriendo esencialmente a la observación. Podemos ver así cómo la astronomía expande su alcance a medida que la tecnología interviene en el diseño de nuevos instrumentos. El telescopio, el fotómetro, el espectrómetro y la placa fotográfica permitieron explorar nuevas regiones del espacio y profundizar en la naturaleza física de los objetos analizados.

Pero esta situación es problemática. A finales del siglo XX Ian Hacking (1989) opinaba que la metodología astronómica actual, a pesar de su incuestionable desarrollo tecnológico, habría quedado anclada en tiempos premodernos, al tener que prescindir de la experimentación manipulativa, lo que la excluiría del campo de las ciencias naturales contemporáneas. La desconexión de esta afirmación con respecto a la actividad científica profesional es manifiesta: por ejemplo, en lo que llevamos de siglo, la Academia Sueca ha concedido el Premio Nobel de Física en tres ocasiones —2002, 2006 y 2011— a trabajos en astrofísica y cosmología observacional.

Por otra parte, para Bas van Fraassen tanto los modelos teóricos como los modelos de datos son ambas entidades abstractas, y de la relación de los modelos de datos con los fenómenos que representan tan sólo podremos decir que es selectiva, y relevante exclusivamente para los fines del investigador (van Fraassen 2008, 253). Tendremos así que el conocimiento científico podrá ser objetivo exclusivamente en la medida en que implique una máxima intersubjetividad (van Fraassen 2008, 266). En este contexto, los instrumentos de observación no serían concebidos como ventanas miméticas al mundo invisible, sino como creadores de nuevos fenómenos observables (van Fraassen 2008, 100). Esta caracterización de la observación empírica necesariamente constriñe el alcance epistémico de las representaciones visuales.

Sin embargo, la observación astronómica juega un papel primordial en la eclosión experimentada por las ciencias naturales tras la revolución industrial, gracias al desarrollo de las técnicas espectroscópicas y fotométricas. La acumulación de representaciones observacionales concordantes proporcionó de hecho un fundamento empírico común tanto para la física cuántica como para la física estelar, por encima de un entramado teórico cuya estructura lógica sigue siendo debatida. Sostenemos que una epistemología que nos permita considerar la objetividad de todos los elementos que conforman el conocimiento científico debe basarse en el estudio del conjunto de las prácticas de los profesionales de la ciencia, entendidas en su entorno histórico y tecnológico.

Lenguaje visual de la astronomía

El carácter inaccesible de los cuerpos celestes singulariza a la astronomía en la reflexión sobre las ciencias naturales, y plantea el riesgo de construir un discurso conceptual sin anclaje en el mundo real. Ciertamente, la situación es compleja; en las prácticas visuales de la astronomía concurren valores ajenos a la ciencia, como los valores estéticos, lo

que queda de manifiesto en la exitosa difusión pública de las imágenes astronómicas. Toda noción de objetividad deberá por lo tanto ser justificada.

En este sentido, Roland Barthes (1964) advertía sobre los usos publicitarios de la fotografía y su capacidad para imponer inconscientemente una narrativa en el espectador mediante la manipulación de códigos culturales. También puede ser pertinente recordar dos conceptos paralelos que emplea Barthes (1980) en su estudio más extenso sobre la fotografía. Tendríamos en primer lugar la relación subjetiva que se establece con el objeto fotografiado (*punctum*, p. 71), derivada de la esencia testimonial de la fotografía, que representa al sujeto retratado ante cada espectador individual, y en segundo lugar la interpretación cultural de la fotografía (*studium*, p. 48), que dependerá del contexto social específico en el que trabaja el fotógrafo, y que dará lugar a reflexiones históricas, políticas o económicas. Inspirándonos en el esquema de Barthes, diríamos que al leer una imagen, en particular en un contexto científico, tendremos por un lado que distinguir su valor representacional, valor que vendrá respaldado por las prácticas visuales de la comunidad científica, tanto para la representación de un fenómeno empírico como para la de un resultado teórico; y por otro lado tendremos que distinguir su valor argumentativo, dado por el análisis retórico del papel que ocupa el lenguaje visual en la argumentación utilizada por los investigadores.

Se podría criticar también la objetividad de la empresa astronómica aduciendo que los instrumentos de observación incluyen un marco teórico implícito, o que el observador difícilmente puede prescindir de sus prejuicios conceptuales a la hora de interpretar los resultados, particularmente los resultados visuales. En este contexto, es útil recordar el trabajo de Peter Galison (1997, p. 816), donde compara en un símil antropológico a teóricos y experimentadores con agentes en una zona de intercambio, en la que coordinan una red de interpretaciones parciales de distintos sistemas conceptuales, conformando en el proceso un lenguaje común. Observemos que según la descripción de Galison las distintas culturas científicas articulan conjuntos de acciones y creencias parcialmente autónomos, y que para cada tradición las técnicas y teorías no sólo pueden diferir de antemano con respecto a las empleadas en otras tradiciones, sino que a menudo son abiertamente contradictorias entre sí. Entendemos que esta diversidad contribuye a fundamentar una representación objetiva de la naturaleza. También defendemos, en base al análisis de las prácticas científicas visuales, que las imágenes forman una parte esencial del lenguaje en el que se formulan y se coordinan las acciones y las creencias de las distintas tradiciones de la astrofísica.

Será por lo tanto necesario examinar el valor representacional de las imágenes astronómicas atendiendo a una doble problemática, epistemológica y estética. Por ello nos hemos referido al uso argumentativo de los modelos científicos en astrofísica desde la epistemología contemporánea, complementada con una crítica desde la teoría estética del uso retórico de las representaciones visuales. Comprobamos a continuación cuál es la importancia del uso del lenguaje visual en las prácticas colaborativas de las ciencias naturales, y en qué medida contribuye a la coordinación de las distintas culturas profesionales. Según nuestro estudio, las prácticas de la astrofísica pueden beneficiarse de una reflexión crítica sobre la función epistémica de cada tradición científica, ya que una simulación numérica y una observación empírica, por tomar un ejemplo, no pueden cumplir la misma función metodológica.

La imagen en las prácticas científicas

La metodología que empleamos utiliza como material empírico artículos científicos publicados en revistas de referencia en astrofísica. En palabras de Philip Kitcher (2011), la historia de la búsqueda del conocimiento debe utilizarse como un laboratorio en el que contrastar las propuestas de los filósofos. Kitcher se opone aquí a una tendencia mayoritaria de la epistemología actual, centrada en su opinión en la búsqueda de principios *a priori*.

Nuestro análisis de las buenas prácticas visuales en las ciencias naturales nos permite identificar cuatro campos epistémicos diferenciados en cuanto a la producción de imágenes científicas. Distinguimos (1) las imágenes fenomenológicas, próximas a las prácticas observacionales, (2) las imágenes heurísticas, asociadas al análisis estadístico de datos empíricos, (3) las imágenes modelizadas, procedentes de simulaciones numéricas y (4) las imágenes analíticas, derivadas del campo teórico.

(1) Galison identifica en la física experimental anterior a 1960 una tradición mimética, heredera de la ciencia romántica, y que mediante dispositivos instrumentales pone en relación los fenómenos del mundo natural con las observaciones del laboratorio. La técnica experimental de la cámara de burbujas, que asocia las trazas de ionización con las trayectorias de las partículas invisibles, procede de esta tradición (Galison 1997, 140). Designamos como *fenomenológicas* las imágenes derivadas de esta familia de prácticas.

En las imágenes de cúmulos de galaxias obtenidas en los últimos veinte años por el Telescopio Espacial Hubble queda de manifiesto la ubicuidad del fenómeno conocido como lente gravitacional. De este modo, según las prácticas profesionales de los astrónomos, ciertos objetos observacionales son identificados directamente con fenómenos naturales, contradiciendo algunas propuestas deflacionarias. El estudio morfológico visual también es imprescindible en otros campos, como la taxonomía o la dinámica de fluidos. En las publicaciones de estas áreas se utilizan tanto representaciones naturalistas como esquemas sintéticos. Ejemplos característicos de esta categoría llenan las páginas del *Atlas internacional de Nubes* (Organización Meteorológica Mundial 1975 1987), en forma de fotografías representativas y claves de clasificación. El objetivo de esta publicación es establecer criterios para la descripción sistemática del tiempo atmosférico, que es empleada en contextos pragmáticos, como los partes para la navegación.

(2) A partir de los años 1960, la automatización del proceso de lectura de las fotografías desplazó el estudio de las trazas de partículas desde el mundo de la imagen hacia el análisis cuantitativo de los instrumentos electrónicos (Galison 1997, 401). Según Galison, para esta nueva cultura híbrida, el análisis de datos deja de ser una parte auxiliar del proceso experimental para convertirse en el propio experimento (Galison 1997, 429). En este campo es significativa la utilización de representaciones visuales como resultado del proceso de análisis. Dichas representaciones sintetizan los resultados numéricos y estadísticos, e incluyen habitualmente información morfológica. Identificamos estas imágenes como *heurísticas*.

En astronomía, el análisis estadístico de las lentes gravitacionales permite estimar, mediante métodos iterativos de cálculo numérico, un mapa de la posible distribución de la materia oscura (invisible) en el cúmulo de galaxias. En este caso, no puede hablarse

de representación directa, y sí está justificado hablar de modelos de datos. Para el análisis numérico puede utilizarse como dato primario la información morfológica de las imágenes fenomenológicas, pero es habitual también el empleo de imágenes ricas en información cuantitativa, como los espectrogramas. Por ejemplo, el empleo de las figuras de difracción de rayos X (Friedrich 1912) desplazó las descripciones cualitativas de los atlas mineralógicos de la época romántica en beneficio de la cristalografía, centrada en el estudio de las relaciones de simetría reveladas por la difracción, y que se caracteriza por el uso de estilizadas representaciones visuales de las retículas cristalinas (Niggli 1920).

(3) Eric Winsberg ha estudiado el estatuto epistemológico de las simulaciones numéricas. En cuanto a las imágenes generadas por ordenador, Winsberg se refiere a la naturaleza mimética de las representaciones visuales como característica del trabajo empírico en dinámica de fluidos. Concretamente, señala que el uso de imágenes realistas en las representaciones de los resultados de las simulaciones es un paso imprescindible para comparar el modelo numérico con el sistema simulado, y forma parte del proceso de formulación de inferencias y validación de resultados propio de las prácticas numéricas (Winsberg 2010, 34). Llamamos a estas representaciones imágenes *modelizadas*.

Las simulaciones son una parte necesaria de la metodología científica actual en el estudio de sistemas para los que se carece de soluciones matemáticas analíticas. Por ejemplo, en los estudios de colisiones de cúmulos galácticos, la carga de la argumentación recae sobre la comparación entre los modelos de datos de la distribución de materia oscura y las imágenes generadas en las simulaciones numéricas. También es característico el uso de imágenes miméticas en las simulaciones de las inestabilidades hidrodinámicas previas a las explosiones de supernova (Endeve 2012): se estudian las similitudes de estas imágenes con las observaciones de restos de supernova (López 2011), y con los modelos materiales empleados en los experimentos de laboratorio de dinámica de fluidos (Foglizzo 2012), desvelándose así líneas de investigación prometedoras.

(4) James Brown ha propuesto un punto de vista innovador sobre las imágenes matemáticas, oponiéndose a la tradición “iconoclasta” defendida abiertamente por la escuela bourbakiana. Nos interesamos concretamente por el uso de la imagen como instrumento de exploración de los conceptos analíticos empleados en las ciencias naturales. Entendemos que estos diagramas no pueden describirse satisfactoriamente como ilustraciones prescindibles de los conceptos teóricos, sino que constituyen herramientas de exploración para el pensamiento visual (Brown 2008, 40). Utilizamos aquí el término de imágenes *analíticas*.

En el estudio de las colisiones de cúmulos de galaxias se ha recurrido a esquemas gráficos para explicar los diferentes resultados analíticos obtenidos al utilizar teorías de materia oscura de naturaleza fermiónica o bosónica (Lee 2008). El ejemplo característico de esta categoría serían los diagramas de Feynman, herramienta gráfica ampliamente utilizada para el cálculo de perturbaciones en teoría cuántica de campos. Hay que observar que, a pesar del aspecto de los diagramas, estos no son representaciones de las trayectorias de las partículas subatómicas, sino instrumentos analíticos respaldados por las aproximaciones más tradicionales del cálculo.

Conclusión

En el conjunto de estas actividades, el uso de imágenes favorece la comunicación entre las distintas tradiciones profesionales, y permite establecer un diálogo interdisciplinar entre subculturas científicas en torno a un vocabulario visual común. Aunque aplicamos este marco epistemológico y justificamos su interés especialmente para la astronomía, también creemos que el análisis puede extenderse más allá de las ciencias físicas, a otras ciencias naturales. Por ejemplo, (1) el estudio morfológico del porte arbóreo (Hallé 1968), (2) el análisis estadístico de la distancia genética entre especies (León-Enríquez & al. 2008), (3) la simulación numérica de los esquemas de desarrollo vegetal (Prusinkiewicz & Remphrey 2000) y (4) la teoría botánica que analiza al árbol en términos de unidades de replicación (Barthélémy & al. 1997), proporcionan una visión coherente y fundamentan un esquema de clasificación para la arquitectura arbórea.

Referencias

- Barthélémy, D. & al. 1997, "Architecture, Gradients Morphogénétiques et Âge Physiologique Chez les Végétaux", in Bouchon, J. & al. (eds.), *Modélisation et Simulation de l'Architecture des Plantes*, Paris, INRA Éditions, 89-136
- Barthes, R. 1964, "Rhétorique de l'Image", in *Communication*, 4, 40-51
- Barthes, R. 1980, *La Chambre Claire*, Paris, Éditions de l'Étoile
- Brown, J. 2008, *Philosophy of Mathematics*, Nueva York, Routledge
- Endeve, E. & al. 2012, "Turbulent Magnetic Field Amplification from Spiral SASI Modes", in *The Astrophysical Journal* 751(1), id. 26
- Foglizzo, T. & al. 2012, "A Shallow Water Analogue of the Standing Accretion Shock Instability", in *Physical Review Letters* 108(5), id. 051103
- Friedrich, W. & al. 1912, in "Interferenz-Erscheinungen bei Röntgenstrahlen", *Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, 303-322
- Galison, P. 1997, *Image and Logic*, Chicago, The University of Chicago Press
- Hacking, I. 1989, "Extragalactic Reality", in *Philosophy of Science*, 56(4), 555-581
- Hallé, F. 1968, "Recherches sur l'Architecture et la Dynamique de Croissance des Arbres Tropicaux", in *Sixième Conférence Biennale de la West African Science Association*, 12 p.
- Kitcher, P. 2011, "Epistemology Without History is Blind", in *Erkenntnis* 75(3), 505-524
- Lee, J. & al. 2008, "BEC Dark Matter Can Explain Collisions of Galaxy Clusters", in *arXiv.org* 0805.3827v1 (documento electrónico)
- León-Enríquez, B. & al. 2008, "The Architecture of *Phyllanthus Acuminatus* Vahl", in *Adansonia* 30(1), 137-149
- López, L. & al. 2011, "Using the X-ray Morphologies of Young Supernova Remnants to Constrain Explosion Type, Ejecta Distribution, and Chemical Mixing", in *The Astrophysical Journal* 732(2), id. 114
- Niggli, P. 1920, *Lehrbuch der Mineralogie*, Berlín, Gebrüder Borntraeger
- Organización Meteorológica Mundial 1975, *International Cloud Atlas - Volume I*, Ginebra, Organización Meteorológica Mundial
- Organización Meteorológica Mundial 1987, *International Cloud Atlas - Volume II*, Ginebra, Organización Meteorológica Mundial

- Prusinkiewicz, P. & Remphrey, W. 2000, “Characterization of Architectural Tree Models Using L-Systems and Petri Nets”, in *4th International Symposium on the Tree*, 177–186
- van Fraassen, B. 2008, *Scientific Representation*, Oxford, Oxford University Press