

Paper

Representaciones visuales multi-longitud en la práctica astrofísica actual: dispositivos posfotográficos multifrecuencia como índices combinados y diagramas peirceanos

Csúri, Piroska

piroska.csuri@gmail.com

Universidad Nacional de Lanús. Departamento de Humanidades y Artes / Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual / Laboratorio de Diseño. Remedios de Escalada, Pcia. Buenos Aires, Argentina

Línea temática 1. Escalas, diagnósticos y representaciones

Palabras clave

Observación astronómica digital, Imágenes multi-longitud de onda, Imágenes posfotográficas, Semiótica, Charles S. Peirce

Resumen

En la actualidad, la observación astrofísica se basa fundamentalmente en la captura electrónica de señales por diversos telescopios y observatorios digitales. Aunque los datos capturados son representados en un formato numérico en su origen, los mismos con regularidad se transponen en diversos dispositivos de visualización científica en la práctica de investigación. Esto se debe a que la representación visual de datos acarrea ventajas específicas (tanto cognitivas como retóricas) para el razonamiento y la comunicación científica. Por este motivo, la construcción de estas imágenes constituye un tema de interés para el diseño de información en el ámbito científico.

El presente trabajo se enfoca en imágenes digitales que combinan representaciones visuales de datos de observación astronómica capturadas en múltiples longitudes de onda, una herramienta de visualización recurrente en publicaciones sobre astrofísica, y su construcción. Aunque estas imágenes posfotográficas parecen plasmar una “transparencia representacional”, el proceso de su construcción origina varias preguntas de interés teórico:

- (1) ¿Qué consideraciones cognitivas, metodológicas, estéticas y retóricas confluyen en estas visualizaciones?

- (2) ¿Estas imágenes digitales generadas a partir de datos numéricos pueden considerarse representaciones en el sentido tradicional?
- (3) ¿Qué representarían estas imágenes: objetos astronómicos o modelos teóricos de los objetos?
- (4) ¿Qué rol(es) específico(s) cumplen estos dispositivos visuales en la producción y circulación de conocimientos científicos?

En particular, esta ponencia examinará el carácter híbrido de estos dispositivos de visualización, a los cuales denominaremos “diagramas fotográficos”: los mismos entretujan el carácter indicial e icónico de los procesos de la fotografía digital y el carácter sintético y esquemático de los diagramas. El aspecto icónico e indicial se basa en la captura de señales electromagnéticas y la “restitución” de su estructura espacial en un formato compatible con las representaciones fotográficas. A la vez, el aspecto diagramático, se desprende del modo de construcción de estas imágenes que (en este caso) refleja la estructura esquemática teorizada de los objetos astrofísicos en cuestión en el formato de un diagrama basado en fotografías digitales. De esta manera, se construyen dispositivos visuales híbridos con alta eficacia comunicacional por su “legibilidad fotográfica” que a la vez se fundan en ciertos aspectos de un modelo teórico del fenómeno físico a representar.

Este trabajo presenta una primera aproximación a estas imágenes astrofísicas híbridas desde el sistema semiótico peirceano, identificándolas como íconos combinados conjuntivamente, que a la vez son resultados de una intervención diagramática en la construcción de estos índices icónicos.

Introducción

Fotografías astronómicas aparecen con frecuencia en diversos medios para el público general. A menudo la noticia consiste en haber capturado imágenes de rincones cada vez más remotos del Universo o de fenómenos astronómicos y astrofísicos de interés teórico, hitos que se aprovechan para difundir información científica sobre los fenómenos implicados. Las imágenes minuciosamente elaboradas resultan centrales a estas noticias tanto (o por ahí más) por sus calidades estéticas como por los fenómenos naturales que representan. Uno de los casos más emblemáticos de tales noticias científicas fue el anuncio en abril 2019 de haber obtenido “la primera fotografía de un agujero negro” por un proyecto colaborativo entre 8 observatorios de distintos lugares del mundo, la llamada colaboración Telescopio Horizonte de Sucesos¹.

En el ámbito de la práctica científica, tales fotografías cumplen un rol indicial en el sentido que sirven como registros de datos capturados de los fenómenos y objetos astrofísicos bajo escrutinio, y las mismas forman parte esencial de la

1. Aunque los reportes mediáticos hablaban de haber obtenido una imagen de un agujero negro, la representación presentada se trataba de una imagen de ciertos fenómenos astrofísicos que serían indicativos de la presencia de un supuesto agujero negro (como un disco de acrecimiento, representado en la imagen en cuestión), ya que justamente los agujeros negros en sí son infotografiables por no emitir ni dejar escapar luz alguna.

construcción de evidencia científica para testear hipótesis. A la vez, por su semejanza a las estructuras representadas, en la semiótica peirceana, estas imágenes se clasifican como íconos.

Sin embargo, el proceso de elaboración de estas fotografías típicamente implica una masiva intervención conceptual que excede ampliamente el mero procesamiento de una “toma directa” para mejorar la imagen, (como por ejemplo la eliminación de los llamados “artefactos”²). Ese proceso de construcción incluye el ensamblaje de una imagen posfotográfica compuesta de varias tomas separadas, donde la imagen conserva un grado de semejanza con aspectos relevantes del objeto bajo estudio debido a las características de la proyección óptica empleada (más allá de representar un espacio 3D en un soporte en 2D). Así, la imagen resultante reúne ciertos aspectos icónicos del objeto estudiado, pero incorporando solamente información estructuralmente relevante para buscar respuestas a preguntas científicas específicas. Por estos aspectos de la construcción de estas imágenes, merece indagar en más detalles su estatus como signos dentro del sistema semiótico de Charles S. Peirce, en su carácter de signos y de objetos visuales creados como diagramas a partir de procesos intervinientes de abstracción.

Indagar las imágenes astrofísicas desde el sistema peirciano parece un acercamiento justificable en particular tomando en cuenta que Peirce mismo trabajó intensamente con imágenes astronómicas durante su empleo en el Observatorio de la Universidad Harvard entre 1869 y 1872. De hecho, esta circunstancia es considerada por varios autores para sostener que las distintas referencias a la fotografía en los escritos de Peirce deben interpretarse desde la perspectiva de la visualización científica (en particular, las prácticas experimentales decimonónicas; cf. Hoel, 2012, 2016; Robins, 2014). En este sentido, acercarnos a las menciones peirceanas de distintos tipos de fotografías desde la práctica científica descansaría sobre fundamentos conceptuales más sólidos que indagarlas desde la fotografía como práctica artística³.

Algunos antecedentes relevantes de la fotografía científica

Desde los inicios de la indagación científica, el observador humano ha ocupado un lugar central en la colección y registro de los datos. Los aspectos observables de los objetos y fenómenos naturales necesitaban ser capturados en formatos perceptibles por un observador humano tanto en su modalidad (principalmente visual, o en todo caso auditiva) como en su escala (en cuanto a la magnitud y cantidad de los datos). En este sentido, desde el punto del observador humano, la historia de los instrumentos científicos puede concebirse como una serie de avances sucesivos para empujar las fronteras de observación mediada por aparatos tecnológicos que transforman los aspectos

2. Se trata de marcas productos del instrumental de observación que no forman parte de los datos de observación.

3. De hecho, varios autores sugieren que la alta probabilidad de que Peirce haya basado sus menciones la fotografía en las prácticas científicas condiciona la aplicabilidad de las categorías peirceanas de signos al arte (cf. Robins, 2014), si no la ponen directamente en duda (cf. Elkins, 2003).

relevantes de un abanico de fenómenos naturales cada vez más amplio a un formato y tamaño perceptibles por los sentidos del ser humano.

La invención de distintos procesos fotográficos en la primera mitad del siglo XIX constituyó un hito posiblemente sin par en el registro visual de fenómenos naturales, dado que una imagen producida por medio de un aparato mecánico auguraba reemplazar el dibujo a mano alzada del científico. De hecho, la invención de la fotografía misma fue fruto de indagaciones científicas, y su aplicación en la labor científica fue contemplada de manera central por científicos de la talla John Herschel (matemático, astrónomo y químico inglés), figura pionera en indagar la fotosensibilidad de ciertos compuestos químicos o sus promotores como François Arago (físico, astrónomo y diputado francés), quien patrocinó el invento de Louis Jacques-Mandé Daguerre para su adquisición por el estado francés presentando y promoviendo tanto ante tanto la Academia de Ciencias francesa como ante la Cámara de Diputados.

Indicialidad e iconocidad en la fotografía científica

Alexander Robins argumenta que los comentarios de Peirce sobre tres tipos de procedimientos fotográficos específicos (la fotometría, la fotografía instantánea y la fotografía compuesta; las tres provenientes desde la práctica científica) sirven para desplegar la concepción triádica de los signos de Peirce, ejemplificar las 3 clases de signos de los escritos tempranos (semejanzas, indicaciones/índices y símbolos), a la vez que “proveen un fundamento filosófico para el uso de datos derivados [obtenidos] fotográficamente” (Robins, 2014: 3).

Para explicar la primera clase de signos, las *semejanzas*, Peirce apela así a la “fotografía instantánea”: “Las fotografías, especialmente las fotografías instantáneas, son muy instructivas, porque sabemos que en ciertos aspectos son exactamente como los objetos que representan” (Peirce, 1894: 51). Esto es, existiría una relación de semejanza apreciable entre estas fotografías y los objetos que representan.

No obstante, Peirce deriva el carácter icónico de la fotografía de su estatus como signo indicial:

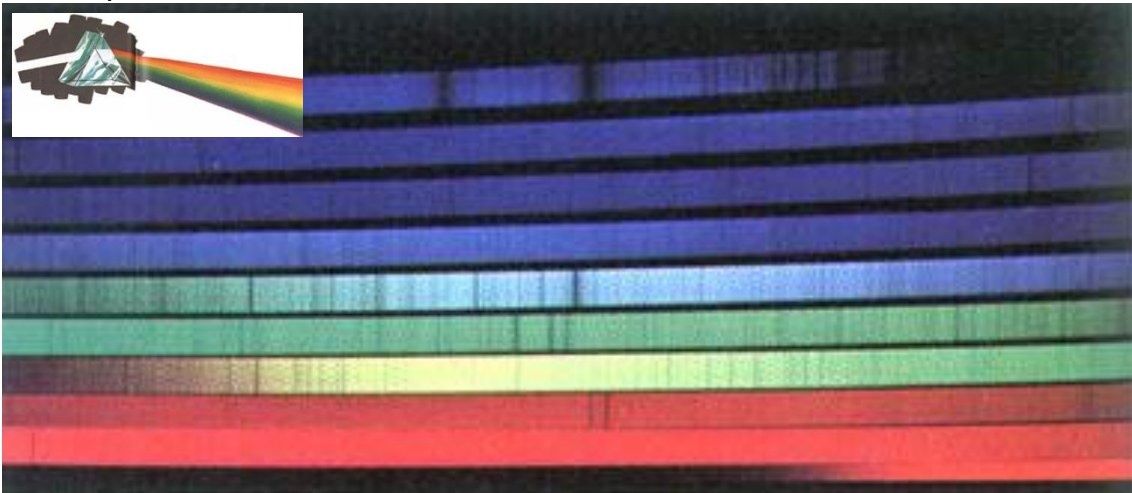
Pero esta semejanza se debe a que las fotografías fueron producidas bajo circunstancias en las que fueron físicamente corresponder, punto por punto, a la naturaleza. En este sentido, entonces, [también] pertenecen a la segunda clase de signos, aquellos que se dan a través de la conexión física. (*ibid.*: 52)

En este sentido, el estatus indicial de la fotografía sería su característica fundante como signo (como reacción fotoquímica de ciertos materiales fotosensibles a la acción de la luz), mientras la semejanza se derivaría de ese estatus indicial por medio de “físicamente corresponder, punto por punto, a la naturaleza”. Esta correspondencia parece hacer alusión directa (aunque

implícita) a la proyección óptica utilizada en las diversas cámaras fotográficas de uso común, que justamente fueron diseñadas de tal manera que preserven las semejanzas visuales con las escenas fotografiadas.

Sin embargo, aunque en general la iconicidad se considera fuertemente asociada con la fotografía (sea científica o no), este aspecto resulta escindible del carácter indicial de la fotografía. Por ejemplo, en la espectroscopia astronómica (una forma de observación astronómica conocida y practicada por Peirce en el Observatorio de Harvard), la luz proveniente de una estrella, galaxia u otro objeto se descompone al pasar primero por una rendija (aislando así un haz de luz) y luego por un prisma, revelando las llamadas líneas de Fraunhofer de absorción, indicativas de la composición química del objeto celestial en cuestión (Figura 1). Sin duda, se trata de imágenes fotográficas indiciales (producidas por la acción fotoquímica de la luz sobre soportes fotosensibles), pero las mismas carecen de una semejanza icónica con el objeto estudiado (en este caso el Sol). Esto se debe a que la proyección óptica de la luz empleada en la espectroscopia astronómica se trata de una transformación que no preserva las características topológicas fundamentales de la estrella en cuestión al descomponer un rayo de luz en un continuo de colores, lo que da lugar a la pérdida de cualquier semejanza con lo fotografiado⁴. Por lo tanto, la espectroscopia produce un índice no icónico. Esto es, la espectroscopia ni siquiera preserva una correspondencia del espacio 3D a un soporte fotosensible 2D.

Figura 1: Fotografía científica no icónica: espectrograma de la luz visible del Sol, mostrando las líneas de Fraunhofer de absorción



Fuente: <https://history.nasa.gov/SP-402/ch2.htm>. Crédito: NASA (Dominio público)

4. Aunque la posibilidad de una fotografía como signo indicial sin ser icónica no parece mencionada (por lo menos en este texto), Peirce estaba ampliamente familiarizado con la espectroscopia en su trabajo en el Observatorio de Harvard entre 1869 y 1872. De hecho, él hubiera sido la persona que descubrió e identificó en la luz zodiacal el espectro del elemento argón (Brent, 1998: 75–76).

A la vez, las referencias a la fotografía en la obra de Peirce incluyen algunas menciones de la llamada fotografía compuesta. Este proceso fue inventado y popularizado por Sir Francis Galton, pionero de la eugenesia (y primo de Charles Darwin). Para sus indagaciones, ideó una técnica fotográfica llamada el “retrato compuesto”, obtenido por medio de la superposición de múltiples retratos fotográficos, para acceder de esta manera al resultado agregado, una imagen “generalizada”. La imagen representaría el retrato de un “tipo general” en vez de un individuo, que capturaba las características comunes entre distintas clases de personas (como los miembros de una familia, los criminales o los enfermos de tuberculosis, entre muchas otras) al resaltar las semejanzas entre sus caras y cancelando las diferencias, desviaciones. En particular, uno de los usos mencionados por Galton sería obtener una semejanza muy buena de una persona viva al combinar las distintas expresiones presentes en distintos retratos suyos. Además, Galton les atribuye una suerte de realidad psicológica a estas imágenes al sostener que: “Un retrato compuesto representa la imagen que emergería ante el ojo de la mente de un hombre que tenía el don de una imaginación pictorial en un grado exaltado” (Galton, 1879: 134). Peirce retoma esta idea de Galton al sostener:

Supongamos, por ejemplo, que descubro a una persona con quien tengo que tratar en un acto deshonesto. Tengo en mi mente algo como una “fotografía compuesta” de todas las personas que he conocido y de las que he leído que tienen ese carácter; ... (Peirce, 1895: 67)

Esto daría como resultado un tipo de ícono compuesto donde los signos unidos están *agregados, conectados disyuntivamente, o alternativamente unidos*: “Ahora bien, los dos íconos alternativos se combinan de manera semejante [a las fotografías compuestas]. Tenemos un ícono así alternado, un compuesto de todos los casos alternativos en que hemos pensado” (Peirce, 1895: 68).

No obstante, para Peirce, “incluso lo que se llama una ‘fotografía instantánea’, tomada con una cámara, es un compuesto de los efectos de los intervalos de exposición, que son muchos más numerosos que todas las arenas del mar” (Peirce, 1895: 68)⁵.

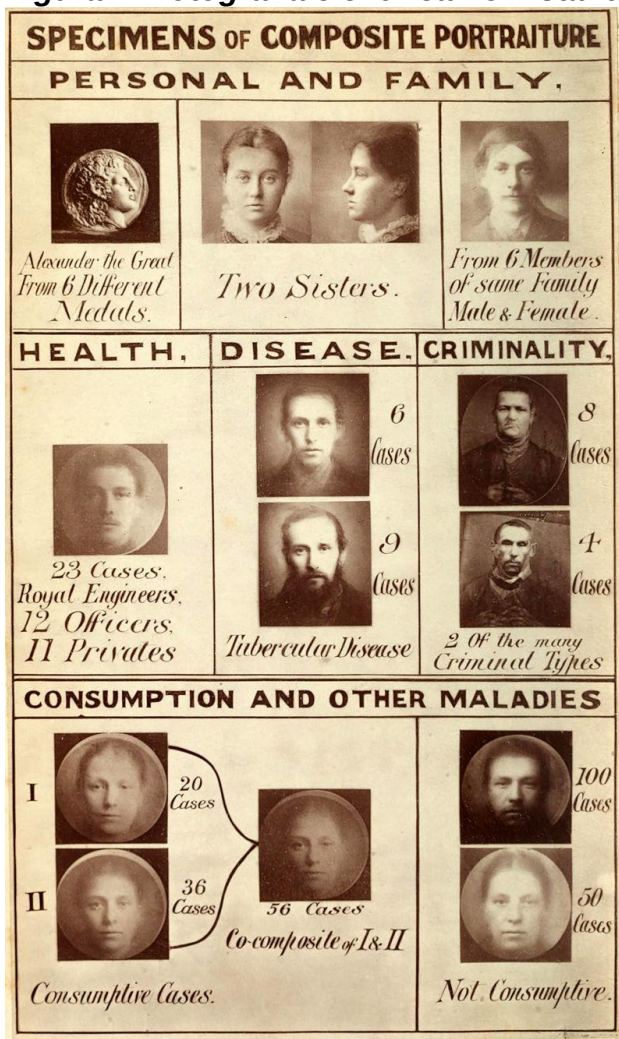
Sin embargo, estas fotografías compuestas parecen representar otro tipo de combinación donde, en vez de eliminar las diferencias, los detalles se van agregando, dando otra manera de combinar íconos sería una sumatoria de atributos. Consideremos que:

5. Las llamadas fotografías instantáneas eran aquellas que podían registrar detalles de movimientos de rápido desenvolvimiento que resultaban imperceptibles para el ojo humano, como por ejemplo el galope de los caballos fotografiado por Eadweard Muybridge. La conquista fotográfica del movimiento se produjo a partir de mediados de los años 1860, conduciendo a los logros ampliamente publicitados de Muybridge a partir de 1878.

...un ícono esté compuesto de dos íconos de manera que en cada variación suya ambos íconos estén unidos. Por ejemplo, que uno sea un ícono de un chino, el otro de una mujer. Entonces, el ícono combinado será un ícono de una mujer china. De este modo, la proposición dice de dos signos unidos así que están *combinados*, o *conectados conjuntivamente*, o *unidos simultáneamente*. (Peirce, 1895: 69)

Este modo de combinación, a diferencia de una conexión disyuntiva, resultaría en la simultaneidad de distintos atributos.

Figura 2: Fotografía científica no instantánea (retratos compuestos)



Fuente: Sir Francis Galton (1883) *Inquiries into Human Faculty and its Development*, London: MacMillan, Lámina I, p. 7. (Dominio público)

Fotografía astronómica en la época digital

A pesar de la fuerte asociación de la fotografía analógica con el estatus de índice (cf. Dubois, 1986; Schaeffer, 1990) y su consecuente potencial de ser interpretada como evidencia, desde sus inicios la fotografía analógica ya contaba –como hemos visto– con la posibilidad de intervenirla para producir íconos combinados (disyuntiva o conjuntivamente). No obstante, el desarrollo de instrumental de captura digital le dio un impulso tecnológico sin precedente a la manipulabilidad de las imágenes. En particular, el formato esencialmente numérico de los datos en su origen permite (y típicamente requiere) un masivo procesamiento de los datos digitales para que los mismos sean visualizables en el formato de imágenes digitales (sean estas impresas o proyectadas). Asimismo, los grados radicalmente ampliados de la manipulabilidad digital originaron un quiebre conceptual para la interpretación de las fotografías como índices, dadas las numerosas intervenciones entre una imagen considerada como una “toma directa” y la imagen digital producto de un procesamiento masivo y complejo. De esta manera, la imagen digital inauguró una era “posfotográfica”, donde la indicialidad fotográfica y, como consecuencia, el valor evidencial de la imagen digital entraron en crisis (Mitchell, 1994). Por lo tanto, estas nuevas tecnologías condujeron a una reconfiguración radical de la cultura visual fotográfica, tanto en el plano estético como en el interpretativo.

Otra consecuencia de la introducción de las tecnologías digitales en la observación astronómica reside en una ampliación del rango de las longitudes de onda del espectro electromagnético detectables por medio de instrumental digital. Actualmente se cuenta con diversos instrumentos que pueden registrar desde las ondas gama (de menor longitud y mayor energía), pasando por los rayos X, la luz ultravioleta, visible e infrarroja, hasta las microondas y las ondas radio (de mayor longitud y menor energía). La expansión del rango detectable también trajo la extensión del campo semántico de un abanico de términos originalmente relacionados con la astronomía óptica basada en la detección de la luz visible –como por ejemplo *cámara*, *fotografía*, *telescopio* y *observatorio*– a diversos instrumentos dedicados a la detección de radiaciones fuera del rango de la luz visible, así como de los conceptos de *luz* y *brillo*, entre otros, a todo el rango del espectro electromagnético.

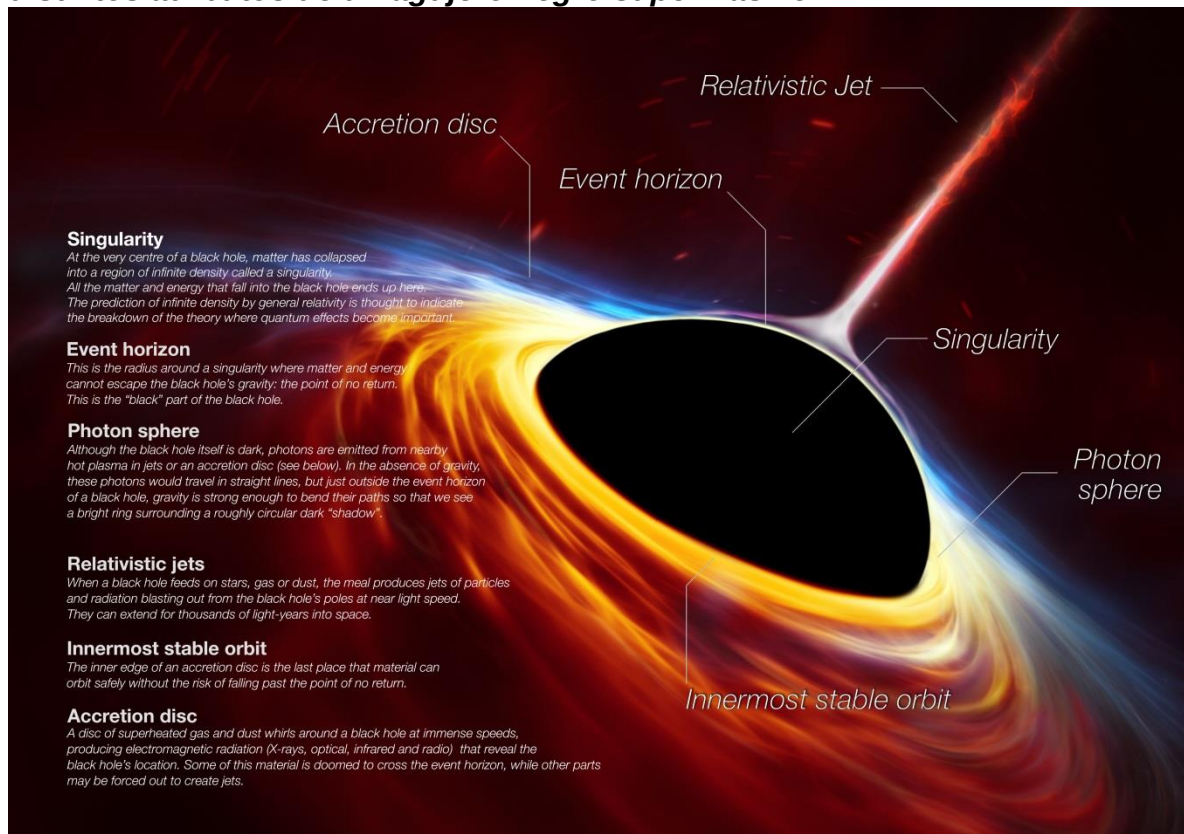
La observación astronómica en múltiples ondas de longitud

Dado que no existen instrumentos de observación astronómica capaces de registrar fenómenos en todo el espectro electromagnético, cada instrumento puede solamente obtener imágenes parciales de cualquier objeto astronómico. Actualmente existe una gran variedad de instrumentos digitales (tanto espaciales como terrestres) que se dedican a la detección de diferentes rangos de longitud de onda, que pueden revelar datos sobre distintos fenómenos astrofísicos. De esta manera, y por lo tanto pueden realizar observaciones (simultáneas o consecutivas) en múltiples longitudes de onda, obteniendo información sobre distintos aspectos de objetos astrofísicos. De esta forma se pueden producir imágenes digitales que son índices icónicos y representan ciertos aspectos limitados del objeto, imágenes parciales que luego pueden combinarse para producir íconos combinados, para construir una imagen más

completa del objeto estudiado. Debido a esto, la observación multi-longitud se ha convertido en una estrategia y herramienta corriente y muy valiosa de la astrofísica actual.

Entre los objetos astronómicos más enigmáticos y teóricamente más interesantes para la astrofísica actual figuran los distintos tipos de agujeros negros. La Figura 3 muestra una representación artística de algunos de los distintos fenómenos asociados con un tipo de agujero negro, los agujeros negros supermasivos. Los fenómenos y estructuras relevantes incluyen, entre otros, un disco de acrecimiento que gira alrededor del agujero negro, alimentándolo de material, un chorro relativista de materia de larga proyección y el llamado horizonte de sucesos, una superficie virtual que traza el punto de no retorno de la materia en el camino hacia la singularidad en el interior del agujero negro.

Figura 3: Anatomía de un agujero negro. Representación artística de los distintos atributos de un agujero negro supermasivo



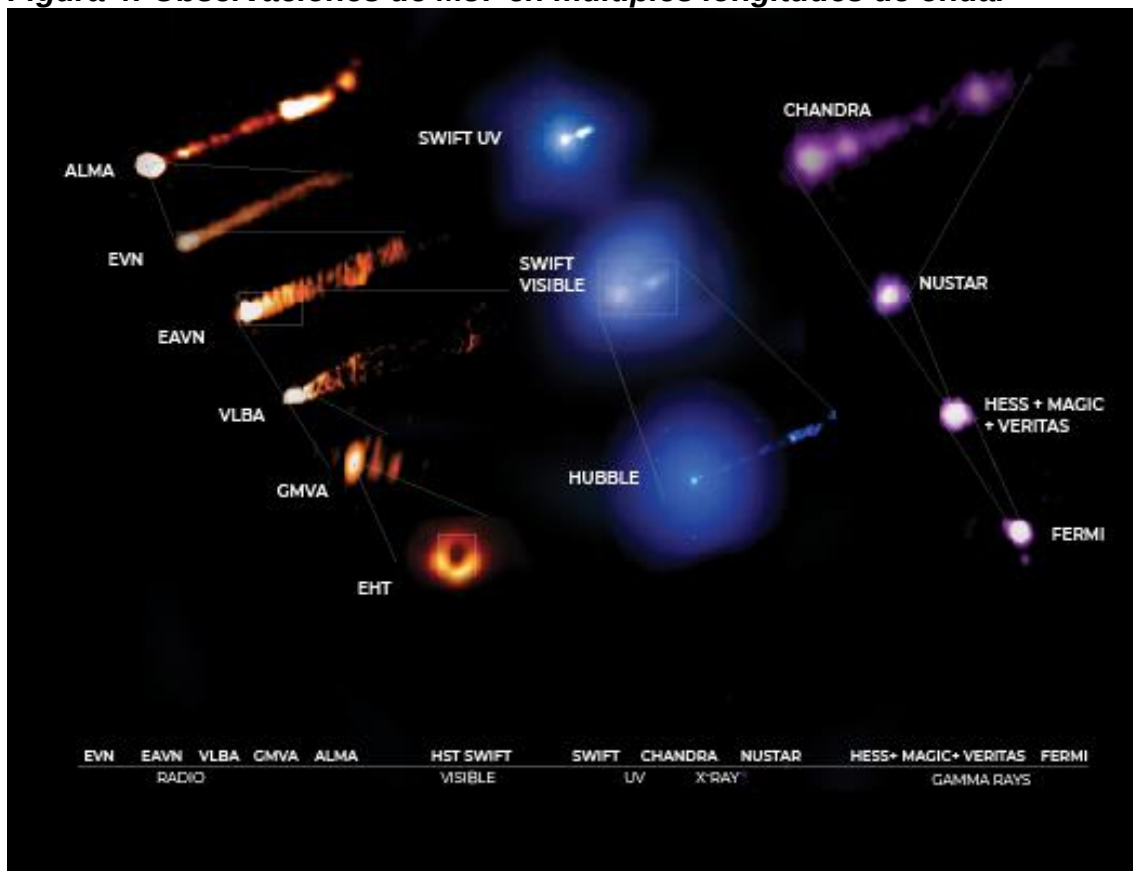
Fuente: <https://www.eso.org/public/spain/images/eso1907h/>. Crédito: ESO (Licencia CC BY 4.0)

La imagen astronómica probablemente más célebre hasta ahora, la llamada "primera imagen de un agujero negro", presentada públicamente en abril 2019, fue obtenida por la colaboración internacional Event Horizon Telescope (EHT, Telescopio Horizonte de Sucesos). Se trató de una campaña de observación

entre 8 observatorios terrestres para obtener, por medio de la interferometría⁶, las imágenes de mayor resolución hasta ahora de la vecindad del agujero negro supermasivo albergado en el centro de la Galaxia Virgo A (Messier 87 o M87), la galaxia más grande y más luminosa de la zona norte del Cúmulo de Virgo, y una de las fuentes más brillantes en ondas de radio en todo el cielo.

De manera coordinada con esta importante instancia de colaboración, se realizó la mayor campaña de observación cuasi simultánea realizada hasta el momento de un agujero negro supermasivo que expulsa un chorro de partículas, enfocándose también en M87. Esta campaña fue realizada en 2017 en múltiples instancias de observación, principalmente entre marzo y abril, de manera coincidente con la observación realizada por la colaboración EHT. Se trató de una campaña de observación que coordinó 19 telescopios (espaciales y terrestres) en distintos rangos de longitudes: radio (e. g., ALMA), visible (e. g., Hubble), ultravioleta y rayos X (e. g., Chandra) y rayos gamma (e. g., FERMI). La Figura 4 muestra un conjunto de imágenes obtenidas del núcleo galáctico activo (NGA) de la galaxia M87 y sus alrededores que surgen de esta campaña.

6. En este caso, se trató de una medición por interferometría, método basado en el fenómeno de la interferencia de ondas, aplicada a las ondas de radio, que es el rango de radiaciones donde se puede detectar el material supercalentado del disco de acrecimiento hipotetizado a existir en el entorno inmediato de los agujeros negros supermasivos.

Figura 4: Observaciones de M87 en múltiples longitudes de onda.

Fuente: chandra.si.edu/photo/2021/m87. Crédito: EHT Multi-wavelength Science Working Group; EHT Collaboration; ALMA (ESO/NAOJ/NRAO); EVN; EAVN Collaboration; VLBA (NRAO); GMVA; Hubble Space Telescope; Neil Gehrels Swift Observatory; Chandra X-ray Observatory; Nuclear Spectroscopic Telescope Array; Fermi-LAT Collaboration; H.E.S.S. collaboration; MAGIC collaboration; VERITAS collaboration; NASA y ESA. (Dominio público)

Como se puede apreciar en estas imágenes, los instrumentos dedicados a distintas longitudes de onda proveen información sobre diferentes fenómenos astrofísicos, y por lo tanto revelan distintos aspectos de la estructura de la galaxia y el entorno inmediato del agujero negro en su centro. Los datos de onda de radio, por ejemplo, principalmente proveen datos sobre la parte central del chorro detectado, las ondas de luz UV y visible sobre el núcleo de la galaxia que alberga al agujero negro y un nudo de materia visible en el chorro, mientras los rayos X informan principalmente sobre el núcleo galáctico y la extensión del chorro. De esta manera, a partir de la observación por los distintos instrumentos, se generan imágenes en “colores falsos”⁷ de las distintas partes de las estructuras detectables existentes en la vecindad de un

7. El término “colores falsos” se refiere al hecho de que a las longitudes de onda por fuera del rango de la luz visible se le asignan colores específicos para la visualización de esos datos. En publicaciones académicas, esa asignación se especifica en el formato de una leyenda. Mientras la correspondencia está condicionada, en parte, por las distintas longitudes de ondas que participan de las imágenes multi-longitud compuestas, la asignación de colores en general también responde a consideraciones perceptuales, estéticas y ciertas convenciones de la cultura visual de la visualización científica. Para mayor información, ver English (2017).

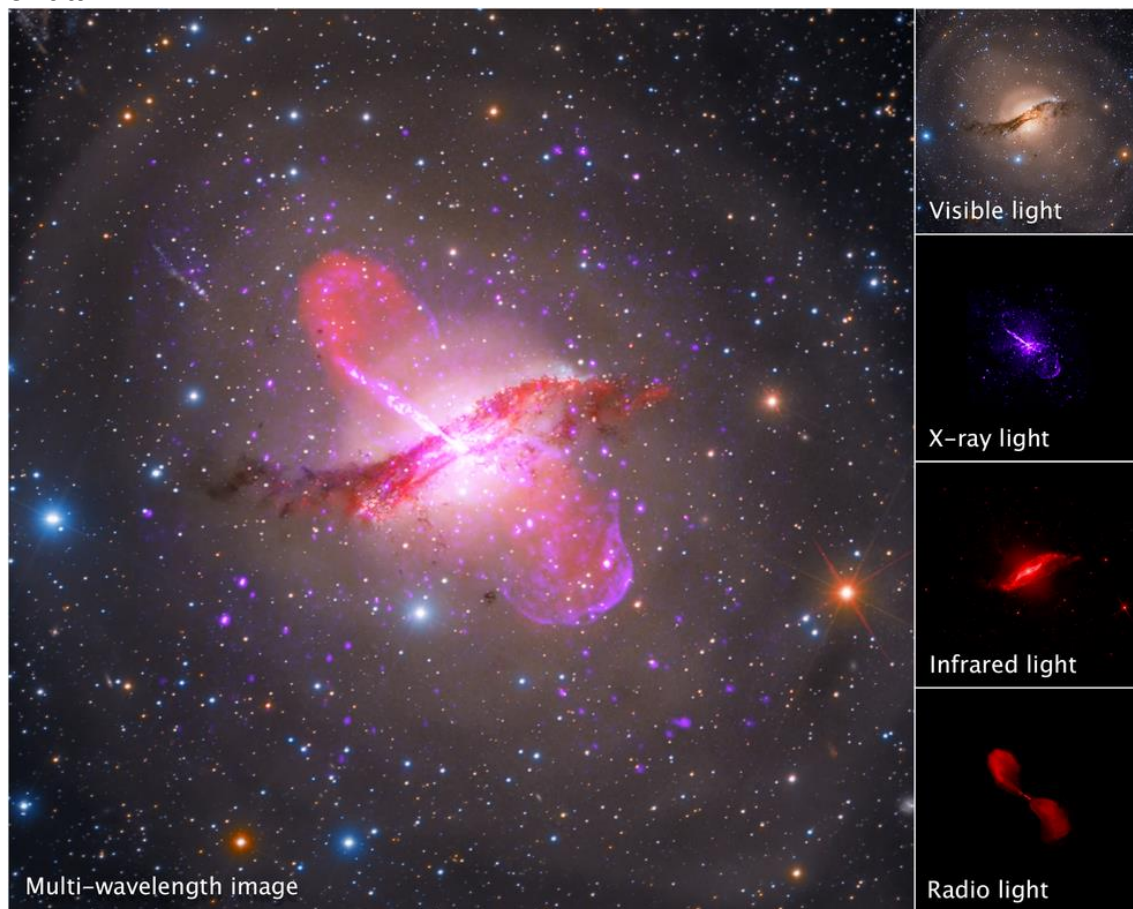
agujero negro supermasivo. Estas imágenes posfotográficas constituyen índices icónicos que, por separado, son capaces de visualizar para el observador humano distintas estructuras componentes de los diversos objetos astronómicos.

La intervención diagramática en la construcción de imágenes astrofísicas como íconos combinados

Debido a su formato esencialmente numérico, los datos provistos por los distintos instrumentos digitales de observación dedicados a diferentes rangos de longitud de onda pueden ensamblarse en una misma imagen con relativa facilidad (luego de un masivo procesamiento de los datos que implica, entre otros aspectos, la calibración de luminosidades y el registro de las imágenes según escala y localización). Esto permite que en una misma imagen se combinen datos relativos a ks diversos fenómenos físicos que pueden detectarse en las distintas longitudes de onda, esto es, en las distintas bandas de energía.

La Figura 5 muestra 4 imágenes obtenidas en distintas longitudes de la galaxia Centaurus A, una galaxia elíptica relativamente cercana y la quinta galaxia más luminosa del cielo. En las bandas visible e infrarrojo cercano, Centaurus A muestra una imagen de relativamente poca actividad: la torsión de su disco central de gas y polvo, visible en ambas imágenes, muestra evidencia de una colisión y fusión pasada con otra galaxia, mientras el fondo estelar principalmente aparece solamente en el rango de la luz visible. Sin embargo, con la introducción de observatorios de ondas radio y rayos X, se revelaron otras estructuras existentes relacionadas con Centaurus A, como dos chorros de material provenientes del centro de la galaxia, lo que es indicativo de un núcleo galáctico activo que alberga un agujero negro (probablemente de tamaño supermasivo). La imagen en rayos X, específicamente, evidencia las partículas de alta energía que son productos de la colisión del chorro relativista con gases circundantes.

Figura 5: Centaurus A: imagen compuesta de múltiples longitudes de onda



Fuente: NASA (<https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/stsci-i-p2115b-f-2250x1800.png>). Créditos: rayos X: NASA/CXC/SAO; óptico: Rolf Olsen; infrarrojo: NASA/JPL-Caltech; radio: NRAO/AUI/NSF/Univ. Hertfordshire/M. Hardcastle (Dominio público)

La imagen compuesta de estas 4 imágenes, superpuestas como si fueran las capas de una cebolla, revelan aspectos relevantes de la estructura compleja de esta galaxia ante un fondo estelar. Sin embargo, lejos de proveer una imagen exhaustiva en el espectro electromagnético completo, la imagen compuesta ensambla apenas algunas longitudes de onda cuya selección responde a hipótesis específicas respecto a los fenómenos y estructuras que estarían relacionadas con la presencia de un agujero negro de tamaño supermasivo en el centro de una galaxia. Así, se trata de escoger, de manera razonada, las longitudes de onda específicas donde se podrían detectar los fenómenos y estructuras hipotetizadas.

El modo de construcción de estas imágenes compuestas evoca otra definición de Peirce:

Un diagrama es una especie de ícono particularmente útil, porque suprime una cantidad de detalles y así permite que a la mente le sea más fácil pensar en los rasgos importantes. Si se dibujan adecuadamente, las figuras geométricas son semejanzas tan fieles a sus objetos que casi son casos suyos; pero todo estudioso de geometría sabe que no es necesario, ni siquiera útil, dibujarlas con tanta finura, dado que si se dibujan rudamente aún se asemejan lo suficiente a sus objetos en las particularidades a las que debe dirigirse la atención. (Peirce, 1895: 61)

En este sentido, las imágenes multi-longitud corresponderían a tales representaciones construidas de manera selectiva que incluyen los rasgos relevantes, a la vez que suprimen detalles que no aportarían datos que ayudarían la identificación de los objetos astronómicos bajo estudio. Representan, de una manera esquemática, un modelo simplificado, una suerte de esqueleto de las estructuras astronómicas a base de imágenes fotográficas parciales. Por lo tanto, se justifica considerarlas como diagramas según el sistema peirceano que son índices icónicos, y como diagramas fotográficos según su construcción específica.

Razonamiento, argumentación y signos

Como un tema central de los escritos de Peirce, se puede identificar los conceptos correlacionados de razonamiento y argumentación entendidos de la siguiente manera: “El *razonamiento* es el proceso mediante el cual alcanzamos una creencia que consideramos resultado del conocimiento previo. [...] La *argumentación* es la expresión de un razonamiento” (Peirce, 1895: 59–60).

A la vez, Peirce sostiene que “todo razonamiento es una interpretación de signos de algún tipo” (Peirce, 1894: 51). Más específicamente, de manera metafórica, se explaya sobre la relevancia de los distintos tipos de índices para la argumentación:

En todo razonamiento tenemos que usar una mezcla de semejanzas, índices y símbolos. No podemos prescindir de ninguno de ellos. La totalidad compleja puede llamarse un símbolo, pues es su carácter simbólico y vivo el que prevalece... [...] Ahora bien, podemos equiparar los índices que usamos en el razonamiento a las partes duras del cuerpo, y las semejanzas que usamos a la sangre: unos nos mantienen bien erguidos para ponernos a la altura de las realidades y las otras, con sus rápidos cambios, suministran los nutrientes para el cuerpo principal del pensamiento. (Peirce, 1894: 58)

Desde este punto de vista, entonces, el valor de los diagramas fotográficos para la argumentación científica se fundaría en su función indicial, lo que permitiría que sobre ellas, como representaciones de datos científicos, se construyan argumentaciones. Estos argumentos, a la vez, se realizarían

apoyándose en el carácter icónico de los diagramas fotográficos, esto es, en representaciones realizadas en formatos accesibles para la sensación de la percepción humana.

Conclusión

Las imágenes aquí analizadas ejemplifican la construcción de índices combinados conjuntivamente, en términos peirceanos, que fungen como diagramas de la estructura de objetos astronómicos. Estos signos se emplean como herramientas de razonamiento puestas al servicio de la argumentación científica en la práctica astrofísica actual. Su capacidad de visualización de datos numéricos en formatos accesibles para la percepción humana habilita desplegar una argumentación a base de estos signos visuales. En este sentido, estamos ante dispositivos específicos de diseño de información para la visualización científica que cumplen un rol específico y productivo en la argumentación científica. Esta función y utilidad de las imágenes analizadas nos proporciona una primera respuesta (por lo menos parcial) posible a la pregunta de por qué motivo se siguen usando imágenes en vez de números en la época digital cuando el formato numérico permite realizar operaciones matemáticas más allá de las capacidades humanas.

Bibliografía

- Brent, J. (1998). *Charles Sanders Peirce: A Life* (edición revisada y ampliada). Bloomington: Indiana University Press.
- Brunet, F. (1996). Visual semiotics versus pragmatism: Peirce and photography. En: Colapietro, V.M. y Olszewsky, T.M. (eds.). (1996). *Peirce's Doctrine of Signs: Theory, Applications, and Connections* (pp. 295–313). Berlin: De Gruyter Mouton.
- Dubois, P. (1986). *El acto fotográfico*. Buenos Aires y Barcelona: Paidós.
- EHT MWL Science Working Group et al. (2021). Broadband multi-wavelength properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope campaign. *The Astrophysical Journal Letters*, 911(1): L11. Recuperado el 5/7/2023 de: [DOI 10.3847/2041-8213/abef71](https://doi.org/10.3847/2041-8213/abef71).
- English, J. (2017) Canvas and cosmos: Visual art techniques applied to astronomy data. *International Journal of Modern Physics*, 26: 1–53.
- Farias, P.L. (s/f). Imagens, diagramas e metáforas: uma contribuição da semiótica para o design da informação. Manuscrito. Recuperado el 5/7/2023 de: <https://www.academia.edu/1152809/>.
- Galton, F. (1879). Composite portraits, made by combining those of many different persons into a single resultant figure. *Journal of the Anthropological Institute*, 8: 132–48.
- Gaultier, B. (2017). The iconicity of thought and its moving pictures: Following the sinuosities of Peirce's path. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 53(3): 374–399.

- Hoel, A.S. (2012). Lines of sight. Peirce on diagrammatic abstraction. En: Engel, F.; Queisner, M. y Viola, T. (eds.). (2012). *Das bildernische Denken: Charles S. Peirce* (pp. 253–271). Berlin: Akademie Verlag.
- Hoel, A.S. (2016). Measuring the heavens: Charles S. Peirce and astronomical photography. *History of Photography*, 40(1): 49–66.
- Hookway, C. (2002). "...A sort of composite photograph": Pragmatism, ideas, and Schematism. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 38(1/2): 29–45.
- Mitchell, W.J. (1994). *The Reconfigured Eye. Visual Truth In The Post-Photographic Era*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ojeda, A.V. ((2015). La incorporación de la fotografía en la prensa periódica argentina, 1890 –1905: un abordaje desde Peirce. Recuperado el 7/7/2023 de: <https://www.academia.edu/104740996>.
- Peirce, C.S. (1894) ¿Qué es un signo? En: C.S. Peirce (2012) *Obra filosófica reunida, vol. 2 (1893–1913)* (pp. 51–58). México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Peirce, C.S. (1895) Del razonamiento en general. En: C.S. Peirce (2012) *Obra filosófica reunida, vol. 2 (1893–1913)* (pp. 59–76). México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Robins, A. (2014). Peirce and photography: Art, semiotics, and Science. *Journal of Speculative Philosophy*, 28(1): 1–16.
- Schaeffer, J.M. (1990). *La imagen precaria. Del dispositivo fotográfico*. Madrid: Cátedra.