

Imágenes digitales del cerebro en la década de 1970: la construcción de una tecnología híbrida

Miguel Ángel Rego Robles

(*) orcid.org/0000-0003-4274-9098. Universidad Europea / Escuela Universitaria de Artes TAI. miguelangel.rego@universidadeuropea.es / miguel.rego@taiarts.com

Dynamis
[0211-9536] 2023; 43 (2): 367-398
<http://dx.doi.org/10.30827/dynamis.v43i2.29442>

Fecha de recepción: 25 de enero de 2023
Fecha de aceptación: 1 de junio de 2023

SUMARIO: 1.—Introducción. 2.—Intimidad y espacio/tiempo en la representación gráfica. 3.—Hibridación y entrenamiento visual en las imágenes de las tomografías computerizadas. 4.—Diagnóstico por imagen. 5.—La construcción de la imagen a partir de datos. 6.—Enfoque epistémico desde la hibridación de regímenes escópicos. 7.—Conclusiones.

RESUMEN: La tomografía computarizada (TC), una tecnología basada en la combinación de radiología y computación, fue utilizada para la exploración de un tumor cerebral en una paciente de un hospital de Londres en 1971. La cabeza de la persona se introdujo en un escáner, fabricado por la empresa discográfica británica EMI, para medir la cantidad de radiación absorbida por los diferentes puntos del cerebro. La imagen confeccionada constaba de una matriz tonal digital que se materializó en papel prensa, en tubo de rayos catódicos y en una fotografía Polaroid. En este artículo se mostrará el proceso de producción de la imagen TC, una representación visual que se convertiría, a partir de la década de 1970, en una tecnología habitual para las neurociencias contemporáneas, además de paradigma de representación visual en el tránsito de lo analógico a lo digital. Para ello analizaremos las implicaciones de la imagen radiográfica, inventada en un momento de auge de la imagen-movimiento, donde se enmarcan las cronofotografías, las secuencias de imágenes y la cinematografía. En este análisis haremos hincapié en los diferentes regímenes escópicos donde se encuentran cada una de las imágenes. El conocimiento, que llevó a la construcción del dispositivo, circuló entre la clínica, la industria y el laboratorio. En la construcción de las TC participaron una diversidad de agentes, incluida la computadora, la radiación por rayos X, un equipo de ingenieros electrónicos, un grupo de neurorradiólogos del Hospital Atkinson Marley y el escáner de rayos X, entre otros. Además, veremos la repercusión de varios factores vinculados a la epistemología de la imagen TC, como lo concerniente al reforzamiento clínico en el diagnóstico clínico, la vinculación de lo morfológico a lo psíquico en relación al cerebro y el tránsito de la imagen-movimiento a la imagen-tiempo.

PALABRAS CLAVE: culturas visuales, tomografía computerizada, imagen digital, neurociencias, investigación artística.

KEYWORDS: visual cultures, computed tomography, digital picture, neurosciences, artistic research.

1. Introducción (*)

A finales del siglo XIX, el ingeniero Wilhelm Conrad Röntgen (Remscheid, 1845-Munich, 1923) utilizó rayos catódicos, entre otros tipos de radiaciones electromagnéticas, para atravesar cuerpos opacos y adherir la huella de sus sombras a pantallas fluorescentes¹. Como objeto de experimentación, utilizó la mano de su pareja, Anna Bertha Röntgen (Zürich, 1833 - Munich, 1919), para mostrar sus tejidos internos (fig. 1). En este experimento pudo plasmar sombras, de manera gráfica, y elementos que se encontraban insertos dentro de otros. La imagen resultante mostraba la forma de los huesos de la mano de Anna Bertha con un elemento que no pertenecía a su biología: un anillo metálico en su dedo anular. Röntgen bautizó a este tipo de radiación como rayos X, debido a las incógnitas que suscitaba. Mediante el uso de estos experimentos, comenzó a plasmar la huella de los objetos opacos, afectados por la incidencia de los rayos X, sobre placas fotográficas². A partir de las imágenes obtenidas, Röntgen dedujo que la radiación había actuado de manera diferente sobre el tejido óseo y sobre el tejido muscular: la sombra de sus huesos era visible, mientras que su piel y músculos no lo eran. La imagen obtenida sobre la placa fotográfica se componía de la sombra de los elementos que habían absorbido los rayos. La mano de Anna Bertha se convirtió en objeto de manifestación gráfica a partir del uso de los rayos X. Las denominadas radiografías tuvieron un papel fundamental en la transformación y condicionamiento de la percepción humana en relación a los acontecimientos.

Röntgen envió su texto *On a new kind of Rays*, junto a una serie de radiografías, a la revista *Proceedings* de la *Physico-Medical Society* de Würzburg el 26 de diciembre de 1895. El texto fue publicado a inicios del año 1896.

(*) La investigación de este texto ha sido financiada gracias al proyecto *Ontologías híbridas: objetos científicos y culturas visuales entre la industria, la clínica y el laboratorio* (PID2019-106971GB-I00) y a mi trabajo dentro del Grupo de Investigación Complutense, Investigación, Arte, Universidad: Documentos par un debate (UCMGR17-970772) y del Grupo de Investigación Reconocido, Conexiones y extensiones de la escultura en el s. XX y s. XX (Escultura expandida) (CEXE) de la USAL.

1. Margaret Boverly y Otto Glasser, *Wilhelm Conrad Röntgen and the early history of the Roentgen rays* (California: Norman Publishing; [1934] 1993).
2. Bettyann Holtzmann Kevles, *Naked to the bone, Medical Imaging in the Twentieth Century* (Nueva Jersey: University Press, 1997), 20-27.



Figura 1: Röntgen, Wilhelm (1895) Mano de Anna Bertha Röntgen. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_medical_X-ray_by_Wilhelm_Röntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig%27s_hand_-_18951222.jpg Última consulta: 4 de marzo de 2020.

2. Intimidad y espacio/tiempo en la representación gráfica

Los rayos X, invisibles al ojo, son ondas electromagnéticas de longitud corta. Este nuevo tipo de luz, tal y como lo denominó Röntgen, más energético que la luz visible, era ionizante y dañino. Según Ana Lamata, a partir de

su lectura del texto *Vision in motion* (1947) de Lászlo Moholy-Nagy, “las radiografías ponían a la luz, simultáneamente, el interior y el exterior de los cuerpos conjugados, su apariencia y su esencia superpuestas”; la posibilidad de ver a través del tejido sin necesidad de incisión o cirugía “complicó la visión y enriqueció la concepción de las cosas”³. La posibilidad de hacer visible la biología interna de manera fotográfica, mediante este tipo de luz, fue descrita por Lisa Cartwright como un tipo de visión penetrante, donde el espacio privado, o interior del cuerpo de la mujer, está vinculado al espacio doméstico de la ‘casa de cristal,’ o exterior del cuerpo, compuesto por una epidermis protectora que cede bajo la presión óptica de los rayos X⁴.

La radiografía concede al médico una versión tecnológicamente mejorada de la “mirada médica”, objetivando y controlando el cuerpo del paciente en sus regiones más íntimas y ocultas. En la cultura popular, esta concepción de una “visión radiográfica penetrante” se vio aún más refrendada, ya que dio lugar a fantasías mediáticas sobre ojos radiográficos que desnudaban, espiaban o practicaban la nigromancia⁵.

Las radiografías convivieron con otras formas de representación: las imágenes cronofotográficas de Étienne-Jules Marey (Beaune, 1830 – Paris, 1904) y las secuencias fotográficas de Eadweard Muybridge (Kingston, 1830 – 1904), que posibilitaron la representación del movimiento de humanos y animales en el espacio. Posteriormente fueron analizados desde los estudios matemáticos para la mejora del rendimiento de los trabajadores en las fábricas y para la comprensión del movimiento de personas con patologías que afectaban a su motricidad⁶.

A partir de la expansión en el uso de los rayos X, la industria médica tuvo que someterse al cuestionamiento ético sobre la incidencia de las técnicas dañinas en los seres humanos⁷. A principios del siglo XX, el uso de la radia-

-
3. Ana Lamata Manuel, “Superrealistas: De la Contribución de los Rayos-X a la Visión y Presentación de la Realidad en el Arte a Comienzos del Siglo XX.” (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 2010), 247.
 4. Lisa Cartwright, *Screening the body: Tracing medicine’s visual culture* (Minnesota: University of Minnesota Press, 1995), 155.
 5. Nanna Lenander “X-ray Aesthetics. Radiographic Vision in The Magic Mountain and Painting, Photography, Film.” (Tesis de Maestría, Universidad de Oslo, 2021), 29.
 6. Holtzmann Kevles, *Naked to the bone*, 15-16.
 7. Charles Susskind, “The invention of computed tomography” in *History of Technology*, eds. Rupert Hall y Norman Smith (Londres: Mansell, 1981), 9-80.

ción se cobró la vida de miles de personas, sobre todo mujeres, sometidas a experimentación en el laboratorio⁸. Los experimentos de Röntgen dejaron huellas de quemaduras en su propio cuerpo y en el de su pareja, Anna Bertha. En la misma época, Marie Curie (Varsovia, 1867 - Sancellemoz, 1934) consiguió aislar el polonio y el radio, aportando los conocimientos clave para el desarrollo de la radioactividad. El volumen *Las chicas del radio*, de la autora Kate Moore⁹, documenta la muerte de miles de mujeres en las fábricas de radio a principios del siglo XX. La obtención de estas imágenes esconde el sufrimiento y el fallecimiento de personas implicadas en las investigaciones con las técnicas nocivas utilizadas. Las imágenes radiográficas, desde la perspectiva de las culturas visuales, adquirieron un comportamiento sintomático, tal y como menciona Georges Didi-Huberman, en tanto que “hacen pasar ante nuestra mirada el acontecimiento de un encuentro donde la *parte construida* de la obra se tambalea bajo el golpe y el alcance de una *parte maldita* que le es central”¹⁰; se convirtieron en protagonistas y en testigos de la visualización del interior de los cuerpos mediante el uso de componentes cancerígenos, con sus efectos colaterales en las personas que los manipulaban. Otro ejemplo característico de la *imagen-síntoma*, desde la perspectiva de Didi-Huberman¹¹, lo encontraríamos en el relato de Ariella Azoulay en relación a las representaciones sobre la precariedad de los espacios médicos en los territorios ocupados de Palestina y la indiferencia hacia los sujetos que debían someterse a ellos, tomadas por físicos israelíes (Físicos por los Derechos Humanos):

[...] sus detalles visuales son evidencia de la condición invisible de estar al borde de la catástrofe. El hecho de que nada en la imagen sea lo suficientemente escandaloso como para [...] interrumpir la rutina de los ciudadanos protegidos es el escándalo de esta imagen¹².

-
8. Kaustubh Sansare; Vinit Khanna y Freny Karjodkar, “Early victims of X-rays: a tribute and current perception,” *Dentomaxillofacial Radiology* 40, no. 2 (2011): 123-125, <https://dx.doi.org/10.1259%2Fdmfr%2F73488299>
 9. Kate Moore, *Las chicas del Radio. Lucharon por la justicia, pagaron con sus vidas* (Madrid: Capitan Swing, 2018).
 10. Georges Didi-Huberman, *Ante la imagen: pregunta formulada a los fines de una historia del arte* (Murcia: CENDEAC, 2010), 238.
 11. Georges Didi-Huberman, *La imagen superviviente: historia del arte y tiempo de los fantasmas según Aby Warburg* (Madrid: Abada, 2009), 247-459.
 12. Ariella Azoulay, *The Civil Contract of Photography* (New York: Zone Books, 2008): 67. Traducción propia.

Teniendo en cuenta las nuevas formas de representación visual de mediados y finales del siglo XIX, algunas creadoras conjugaron la visión penetrante de las radiografías con la secuenciación temporal en las matrices de imágenes —características en la producción gráfica de Muybridge— para la formalización de la fisiología humana y animal desde diferentes perspectivas espaciales. Es el caso de las representaciones de la radióloga y fotógrafa Elizabeth Fleischmann (1867-1905), conocida por sus radiografías tomadas en la guerra hispano-estadounidense a finales del s. XIX¹³. Fleischmann optó por mostrar imágenes simultáneas desde diferentes puntos de vista para elaborar composiciones de planos del interior del cuerpo humano¹⁴. Fleischmann fue contratada por el U.S. Surgeon General William Borden en diciembre de 1898. Uno de los encargos efectuados fue la inspección de los cuerpos de los soldados abatidos en la guerra hispano-estadounidense¹⁵. Las radiografías del pie del soldado John N. Taylor de la Company B. Twelfth United States Infantry fueron realizadas por Fleischmann (fig. 2). A pesar de haber realizado gran parte de las imágenes del volumen *The Use of the Röntgen Ray by the Medical Department of the United States in the War with Spain* publicado por Borden, como es el caso de las de John N. Taylor, el texto oculta su autoría. Las radiografías muestran el pie derecho de Taylor con una bala en su interior desde diferentes perspectivas. Estas representaciones fotográficas, a partir de rayos X, comparten con las secuencias de imágenes de Eadweard Muybridge y Francis Dercum la búsqueda de la visión múltiple de los fenómenos estudiados, como es el caso de la motricidad en pacientes afectados por daños cerebrales que repercutían en su fisiología (fig. 3)¹⁶. Fleischmann murió en el año 1905 a causa de una metástasis pulmonar provocada por el uso de los rayos X a lo largo de su carrera profesional¹⁷.

-
13. Beverly A. Spirt y Patricia A. Randall, "Radiologic history exhibit. The Role of Women in Wartime Radiology," *RadioGraphics* 15, no. 3 (1995): 641-652. <https://doi.org/10.1148/radiographics.15.3.7624569>
 14. Holtzmann Kevles, *Naked to the bone*, 125.
 15. William C. Borden, *The Use of the Röntgen Ray by the Medical Department of the United States in the War with Spain* (Washington: Government Printing Office, 1898).
 16. Douglas J. Lanska, "The dercum-muybridge collaboration and the study of pathologic gaits using sequential photography." *Journal of the History of the Neurosciences* 25(1) (2016): 23-38.
 17. Thomas M. Keller, "A Roentgen Centennial Legacy: The First Use of the X-Ray by the U.S. Military in the Spanish-American War," *Military medicine* 162, no. 8 (1997): 554. <https://doi.org/10.1093/milmed/162.8.551>

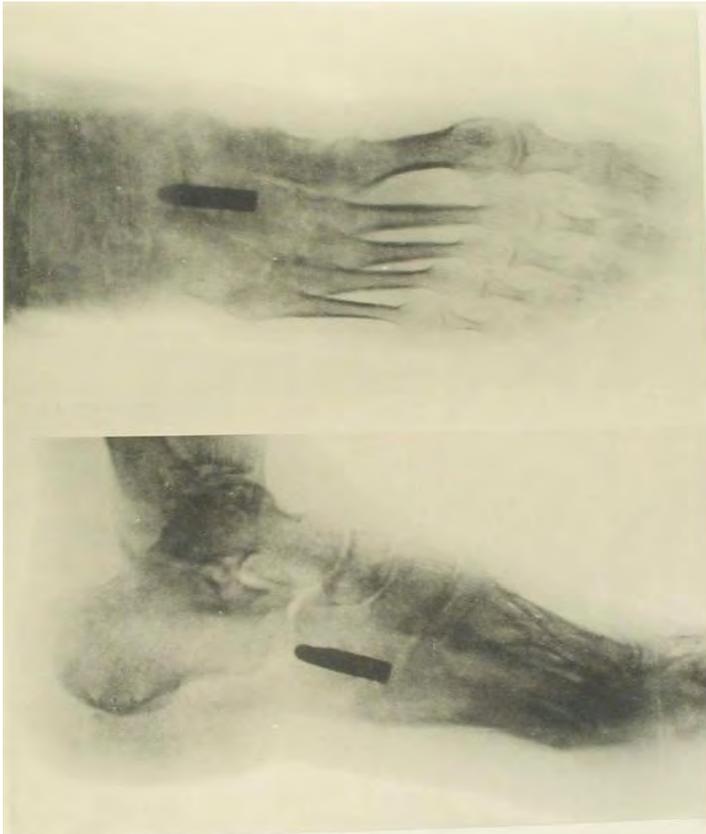


Figura 2: Fleischmann, Elizabeth (1898) En Borden, William C. (1900) *The Use of the Röntgen Ray by the Medical Department of the United States in the War with Spain*. Washington: Gvnm. Printing Office. Plate XIII. Radiografía de dos perspectivas diferentes de un pie derecho con una bala incrustada en su interior.

Las radiografías de Fleischmann poseen las características del régimen escópico de la fotografía (*film*), desde el pensamiento de José Luis Brea, en tanto que reproducen la “potencia del tiempo en su mismo escenario”¹⁸. En lo que respecta al soporte, utilizado para su difusión, hemos de atender a la epistemología de la representación fotográfica, más allá de su materialidad, tal y como ha señalado Scott Curtis,

18. José Luis Brea, *Las tres eras de la imagen: imagen-materia, film, e-image* (Madrid: Akal, 2010), 39.



Figura 3: Muybridge, Eadweard (1887a) *Animal Locomotion: An Electro-photographic Investigation of Consecutive Phases of Animal Movements, 1872-1885*. Philadelphia: Univ. of Pennsylvania. Plate 551

la abundancia de detalles de la imagen fotográfica funcionaba de dos maneras contradictorias. Era a la vez una maraña de datos que exigía un estudio prolongado (y tal vez frustrante) y una representación completa que —si la imagen era científicamente legible y el ojo experto— podía captarse de inmediato. Lorraine Daston ha llamado a este aspecto de la observación científica como el “todo a la vez”¹⁹.

Las sombras de los tejidos son arrojadas sobre la placa fotográfica, donde son registradas gracias a las propiedades del objeto intervenido mediante rayos X y las propiedades del bromuro de plata en la mencionada placa. Las radiografías, además de posibilitar la visualización del interior del cuerpo, sin necesidad de incisión en el tejido, transformaron el escrutinio a la hora

19. Scott Curtis, “Photography and Medical Observation”. En *The Educated Eye. Visual Culture and Pedagogy in the Life Sciences*, ed. por Nancy Anderson y Michael R. Dietrich (New Hampshire: Dartmouth College Press, 2012), 80.

de detectar infecciones o cuerpos inesperados, de ahí su valor diagnóstico. La aportación clave al régimen de la observación fue la ruptura del método clínico anterior en la identificación de elementos dentro del espacio íntimo biológico, como balas incrustadas, infecciones y tumores, entre otros, tal y como veremos en el análisis de las imágenes TC²⁰. Los rayos X permitieron mostrar el interior de la ‘casa de cristal’ a través de técnicas fotográficas, reforzando el papel epistémico de este soporte como agente de representación, a pesar de su inicial recelo dentro de las esferas de las ciencias, como ocurrió en el caso de los fotogramas de Henry Fox Talbot²¹ y de las artes, tal y como discute Sigrid Weigel en su texto *Les images, acteurs majeurs de la connaissance*²².

3. Hibridación y entrenamiento visual en las imágenes de las tomografías computerizadas

Las radiografías mostraban los tejidos óseos de manera predominante, pero dificultaban la visibilidad de algunos elementos u objetos alojados en el interior y exterior del cuerpo humano. Fleischmann aportó la complejidad espacial radiográfica a través de la toma de diferentes perspectivas del pie del soldado Taylor con una bala incrustada (fig. 2). Durante el primer tercio del siglo XX, se propusieron múltiples soluciones analógicas para obtener imágenes de tejidos sometidos a radiación en toda su complejidad volumétrica —como, por ejemplo, un tubo que rotaba sobre el diámetro del objeto de análisis—²³. Esta propuesta permitía cartografiar distintos puntos del volumen del cuerpo, de modo semejante a lo que la pareja Muybridge-Dercum planteó en el seguimiento de los movimientos de diferentes personas afectadas en su fisiología, a partir de las fotografías tomadas desde distintas perspectivas (fig. 3). Las investigaciones disponibles eran incapaces de mostrar los puntos del volumen del objeto de estudio que absorbían una mayor o menor cantidad de rayos X, de ahí la insistencia por inventar una manera

20. Jonathan Crary, *Techniques of the observer: On vision and modernity in the nineteenth century* (Cambridge: MIT press, 1990).

21. Anne Secord, “Talbot’s first lens: Botanical vision as an exact science”, en *William Henry Fox Talbot. Beyond photography*, ed. M. Brusius et al. (Yale: Yale University Press, 2013), 41-66.

22. Sigrid Weigel, “Les images, acteurs majeurs de la connaissance”, *Trivium* 1 (2008), <http://journals.openedition.org/trivium/319>. (Consultado el 5 de mayo de 2023).

23. Holtzmann Kevles, *Naked to the Bone*.

de cuantificar el cúmulo de rayos absorbidos en cada parte del volumen del objeto de estudio. La solución aportada para recabar estos datos permitió la confección de un nuevo tipo de representación híbrida entre lo analógico y lo digital, tal y como veremos más abajo.

Gran parte de los experimentos realizados mostraban la media en la absorción de radiación de cada uno de los tejidos, pero era necesario entrenar el ojo para distinguir las diferentes partes del objeto de estudio. Este entrenamiento visual en las ciencias ha sido una continua interrelación entre las investigaciones realizadas en los diferentes campos de estudio y de las representaciones visuales aportadas en dichas pesquisas. A pesar de que las posibilidades aportadas por las nuevas técnicas de la observación permitieron realizar diagnósticos, sin someter a los cuerpos a cirugía, era indispensable la descripción visual para aportar resultados²⁴. La mirada es sometida a un continuo entrenamiento en relación a las nuevas formas de representación, así como a las características aportadas por cada una de ellas²⁵. Un ejemplo paradigmático de mirada médica entrenada lo aporta Joseph Dumit en su volumen *Picturing Personhood: Brain Scans and Biomedical Identity*, donde las imágenes de tomografía axial computerizada (TAC) —que analizaremos a continuación— no eran leídas igualmente por la comunidad neurocirujana que por la radióloga, debido a que la primera ya había visto el cerebro físico en la clínica mientras que la segunda no. Además, abrió otro tipo de comprensión sobre lo anómalo en el comportamiento humano debido a su vinculación estrecha con la fisiología:

[...] he aquí, pues, una importante lección cultural sobre la visión, y sobre lo que es “normal” y lo que “no es normal”. Para ver algo nuevo, algunas personas deben descubrir cómo verlo y luego enseñar a los demás. Sin embargo, la relevancia cultural de las tomografías computarizadas del cerebro fue más allá, porque también se basó en la equiparación del cerebro con la psique. Por primera vez (al margen de la detección de grandes tumores), existía la posibilidad de ver un cerebro anormal en lugar de diagnosticar una mente anormal. El deslizamiento entre estas dos formas de reconocimiento es delicado porque la primera se apoya necesariamente en la segunda²⁶.

24. Crary, *Techniques of the Observer*, 1990.

25. Nancy A. Anderson y Michael. R. Dietrich, *The educated eye: visual culture and pedagogy in the life sciences* (New Hampshire: UPNE, 2012).

26. Joseph Dumit, *Picturing Personhood: Brain Scans and Biomedical Identity* (Nueva Jersey: Princeton University Press, 2004), 118.

La desventaja de las radiografías yacía en que el plano bidimensional de representación recogía la sombra acumulada de los tejidos, captados desde una sola perspectiva, debido a su superposición en la imagen. El físico Allan Cormack (Sudáfrica, 1924 - EEUU, 1998) propuso, como solución a este problema, la medición de los niveles de radiación absorbida en diferentes tipos de tejidos del cuerpo humano, mediante la división en secciones —una metodología próxima a la exploración de los tejidos en la histología mediante micrótopo— del objeto radiado, en un artículo publicado en 1963²⁷. Cormack discriminó entre tejido óseo y otros tipos de tejido, ampliando la capacidad de los rayos X de hacer visibles los diferentes elementos internos del cuerpo y resolviendo el solapamiento de lecturas sobre la imagen final. La visibilización de diferentes tipos de tejidos amplió el examen de lo que acontecía dentro del cuerpo para formular juicios en torno a este.

Godfrey N. Hounsfield (Reino Unido, 1919-2004) y el radiólogo James Ambrose (Sudáfrica, 1923-Reino Unido, 2006) combinaron las posibilidades de la computación con un escáner que rotaba sobre el eje del cuerpo humano. Se basaron en el tipo de medición propuesta por Cormack en 1963. De esta forma, Hounsfield y Ambrose, gracias a las posibilidades de la computación, recabaron patrones numéricos que medían la radiación absorbida por los diferentes tejidos en secciones corporales y en diferentes puntos del espacio²⁸. La introducción de una ciencia basada en las matemáticas permitió recolectar numéricamente la cantidad de radiación absorbida por los diferentes tejidos del cuerpo. Estas aproximaciones supusieron el inicio de la técnica de la tomografía computerizada (TC)²⁹, basada en la relación entre radiación ionizante y computación³⁰. Las diferentes secciones del cuerpo, analizadas mediante esta técnica de imagen, fueron, en primer lugar, representadas en matrices de dígitos, donde el régimen escópico del *film* cedió terreno hacia otro tipo —el de la e-image— para incorporar no

-
27. Amar Bhidé; Srikant Datar y Katherine Stebbins, "Case Histories of Significant Medical Advances: Development of Computed Tomography". *Harvard Business School Accounting & Management Unit Working Paper* 20, no. 4 (2021) (revisado en julio de 2020).
 28. Enrique Bosch, "Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna," *Revista chilena de radiología* 10, no. 4 (2004): 183-185.
 29. Las siglas CT corresponden a su denominación en inglés 'Computed Tomography'. Actualmente el término Tomografía Computerizada (TC) se encuentra más extendido que el inicial de Tomografía Axial Computerizada (TAC), aunque, a la hora de utilizar el acrónimo en español, la comunidad científica se decante por TAC.
 30. Susskind, "The invention of computed tomography".

sólo una descripción morfológica, ya aportada por las radiografías, sino también funcional, basada en la introducción de datos numéricos y variables, en los diferentes tipos de representación que surgieron en la evolución de las TC, como las PET o las MRI. Estas descripciones gráficas modificarían la percepción de nuestra naturaleza, tal y como Joseph Dumit ha descrito a través del término *objective self-fashioning*. Este concepto atañe a nuestra autodefinición y autoparticipación, a la forma en que tomamos los hechos sobre nuestros cuerpos y mentes, y a cómo los incorporamos a nuestras vidas. En esta autodefinición, las imágenes del cerebro computerizadas adquieren un rol imprescindible como portadoras de conocimiento³¹.

4. Diagnóstico por imagen

El objetivo del primer diagnóstico por imagen TC fue comprobar la hipótesis de la existencia de un tumor en el lóbulo frontal del cerebro de una mujer de 41 años en 1971. El equipo de trabajo utilizó un escáner rotatorio, fabricado en Londres por la compañía discográfica EMI, pionera en el desarrollo de la tecnología TC³². Para realizar la lectura de un área del cerebro, el equipo confeccionó un dispositivo de goma con forma de casco que se ajustaba a la cabeza de la paciente. El casco estaba relleno de agua, con el fin de atraer la radiofrecuencia, debido a su densidad, que es mayor que la del aire y de absorción similar a la estructura craneal. De esta forma, las variaciones en la transmisión, a través del casco durante la exploración, eran menores que si la cabeza estuviese rodeada por aire³³. Este tipo de escáner TC mandaba haces, paralelos entre sí, de rayos X a través del cuerpo, que fueron recibidos por una serie de detectores al otro lado del escáner. Para hacer efectiva la

31. Dumit, *Picturing Personhood*, 163-164.

32. Las primeras pruebas se realizaron con un modelo de cama giratoria y una fuente de rayos gamma emitidos con Americio 95. Se necesitaron nueve días para recoger la información necesaria de cada uno de los 180 giros. Uno de los principales problemas a la hora de obtener datos con tiempos de lectura largos era su transcripción, ya que facilitaba la aparición de artefactos en las imágenes —tecnicismo utilizado para denominar las distorsiones en las imágenes digitales que dificultan su lectura correcta en el diagnóstico médico—. Hounsfield reemplazó el Americio 95 por rayos X en las siguientes pruebas, lo que le permitió reducir los tiempos de obtención de datos numéricos de nueve días a nueve horas. Elizabeth. C. Beckmann, "CT scanning the early days," *The British journal of radiology* 79, no. 937 (2006): 5-8.

33. Godfrey Newbold Hounsfield, "Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system," *The British journal of radiology* 46, no. 552 (1973): 1016-1022.

recopilación de datos, se suele introducir una base ionizante en el cuerpo del paciente. El escáner obtiene una serie de datos producidos por la acción de los rayos X en el cuerpo humano, bajo los efectos del agente de contraste, que entra en proceso metabólico emitiendo señales³⁴. El agente de contraste utilizado en la paciente fue el sodio iodado (NaI)³⁵ y se concentró, en mayor medida, en los tejidos celulares que más alimento requirieron para reproducirse con mayor intensidad: los que componen el tumor. Ese primer escáner experimental obtuvo 28800 lecturas³⁶. Los receptores del escáner detectaron los niveles de radiación absorbida por los tejidos alojados en cada sección. Las denominadas unidades Hounsfield fueron los números utilizados para la construcción de la imagen. De esta manera, se distinguían los diferentes tejidos del cerebro, representados en una escala numérica que tomó como referencia la cantidad de radiación absorbida. La imagen obtenida, a partir de este proceso, fue una matriz de números que, en su forma gráfica, representaba la sección del cerebro (fig. 4).

Los datos permitieron construir un mapa de dígitos con una apariencia cercana a los cortes seccionales del objeto de estudio. La imagen inició el camino hacia otro tipo de formalización final, que se utilizaría para el diagnóstico de la paciente. Este proceso, la transcripción de mapas numéricos a imágenes construidas, no solo subraya el devenir de las formas de representación en las neurociencias a partir de la década de los 70, sino también el giro icónico de la imagen analógica a la imagen digital³⁷. Las imágenes obtenidas, a partir de las posibilidades de la computación, pretenden objetivar el mundo mediante formalizaciones refinadas en su resolución, que suplantando la idea de realidad del motivo representado y que, a la vez, sustentan valores estéticos relacionados con un tipo de atractivo particular. La tesis de Sigfrid Weigel en torno a estas representaciones es que las imágenes despiertan una nostalgia hacia las obras artísticas clásicas³⁸. Las imágenes científicas tienden a mostrarse atractivas para ayudar a su reconocimiento; pero también a su comprensión, mediante el menor entrenamiento de la mirada y en un ejercicio de condensación de la mayor información posible; algo que se podría calificar como rendimiento de la imagen. Algunos ejemplos actuales

34. Holtzmann Kevles, *Naked to the Bone*, 155-160.

35. Beckmann, "CT scanning the early days", 6.

36. Hounsfield, "Computerized transverse axial scanning (tomography)", 1016.

37. Weigel, "Les images, acteurs majeurs de la connaissance", 3.

38. Weigel, "Les images, acteurs majeurs de la connaissance", 4.

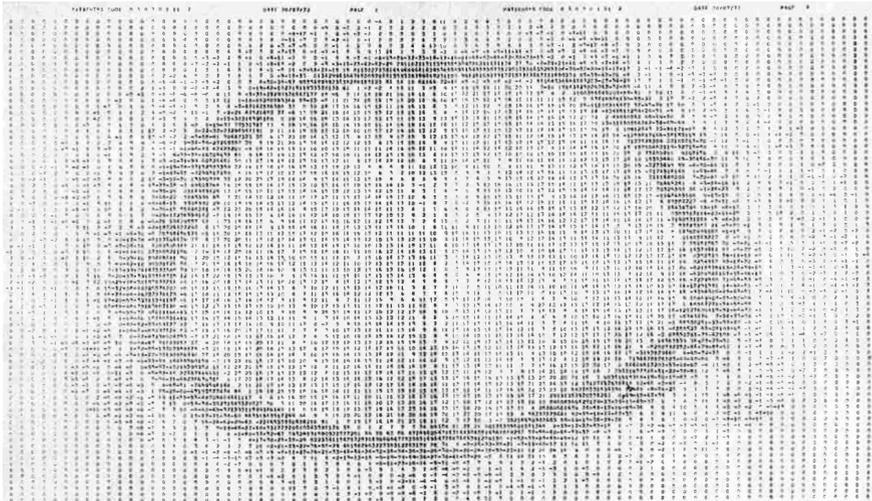


Figura 4: Impresión por computadora del mapa de números obtenidos en el escaneo de una sección del cerebro de 1-3 cm de grosor. Fuente: Ambrose 1973: 1023.

son las imágenes obtenidas a partir de los datos recogidos por intermediarios técnicos, como el telescopio espacial Hubble o los drones que sobrevolaron la superficie de Marte en 2021.

5. La construcción de la imagen a partir de datos

La matriz numérica se transcribió a una escala en blanco y negro para conformar imágenes de secciones bidimensionales de la morfología del cerebro. El proceso de interpretación de los datos numéricos y su conversión a escala tonal en blanco y negro se realizaron mediante un algoritmo procesado en una computadora ICL 1905, en otro laboratorio de Londres. Ese algoritmo y los métodos para hacer girar la máquina en torno al cerebro fueron inventados por Steve Bates y Chris Lemay³⁹. Se necesitaron dos horas y media, aproximadamente, para transcribir los datos obtenidos y convertirlos en imágenes (fig. 4)⁴⁰. Así, se construyeron matrices en blanco y negro, dependiendo de

39. Beckmann, "CT scanning the early days", 6-7.

40. James Ambrose, "Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application," *The British journal of radiology* 46, no. 552 (1973): 1023-1047.

la absorción de rayos X en el tejido, que mostraban la morfología del cerebro en diferentes planos: uno por cada sección analizada (fig. 5).

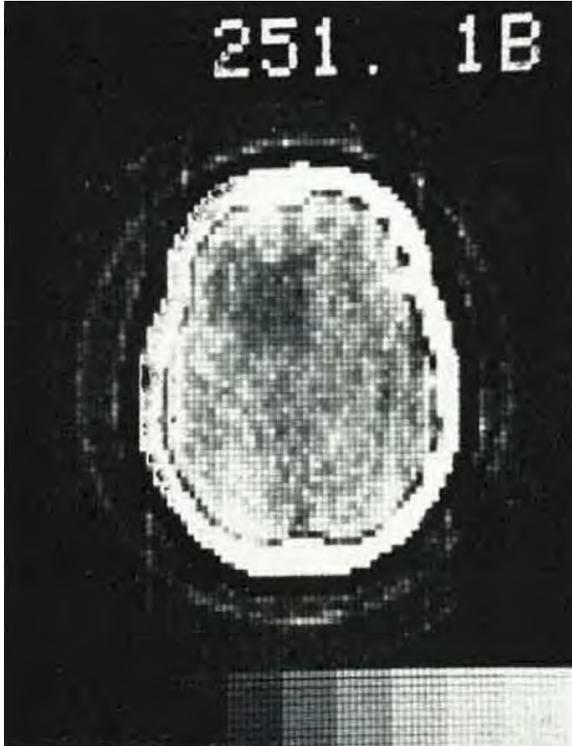


Figura 5: Fotografía Polaroid TC obtenida desde el escáner EMI utilizado por Hounsfield, Ambrose y su equipo.

Las imágenes de lo que hoy conocemos como TAC son representaciones donde el fondo de la imagen se transcribe en negro. La representación morfológica del cerebro se sitúa en el centro de la imagen. En la parte superior encontramos dígitos que corresponden a la sección representada. La parte inferior de cada una de las imágenes muestra la escala de grises con los diferentes tonos utilizados en la interpretación de los datos recogidos por los receptores del escáner. Cada tono atiende al nivel de absorción de cada tejido. Esta transcripción a escala de grises permitió mostrar diferentes áreas del cerebro y determinó el escrutinio del diagnóstico médico. En la figura 6, la imagen superior izquierda está representada en un rango único de blanco y

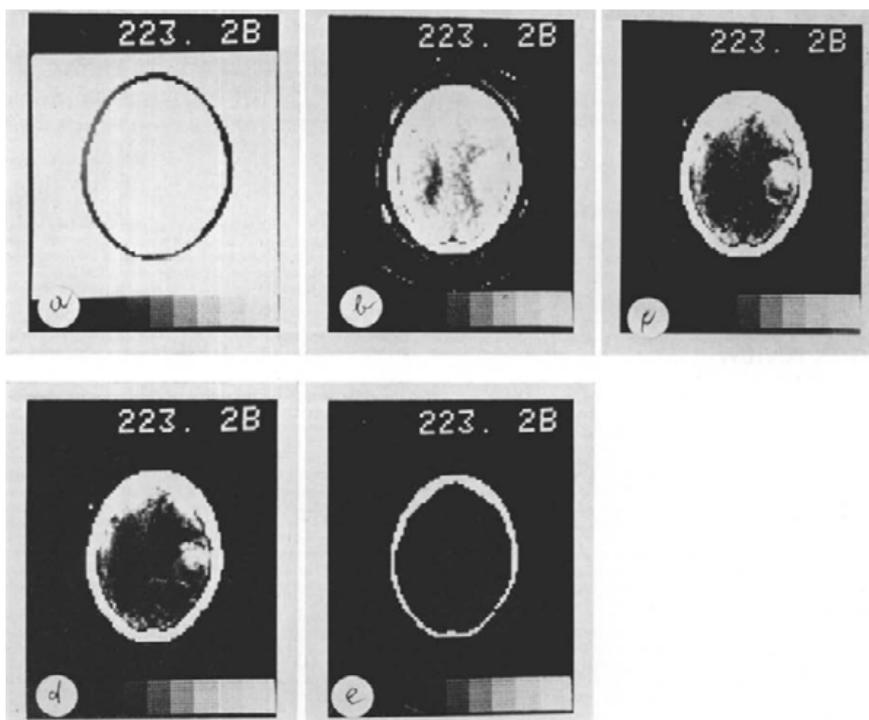


Figura 6: Fotografías Polaroid de cinco secciones del cerebro analizado por Hounsfield, Ambrose y su equipo.

negro puro, que corresponde al cabello de la paciente y el aire atrapado en él. La imagen inferior central posee el mismo rango tonal, con el tejido óseo representado en su grosor heterogéneo. El resto de imágenes de esta figura muestran un mayor rango de tonos, que permiten la discriminación entre diferentes zonas del cerebro.

Cada sección del cerebro se reprodujo en una matriz tonal de 80 x 80 cuadrados —al modo que se genera la imagen digital basada en el píxel (picture element)—. El laboratorio londinense donde se configuraron las imágenes ofreció tres tipos de formatos gráficos finales: en papel impreso, en pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT) y en instantánea Polaroid tomada directamente de la pantalla de tubo de rayos catódicos⁴¹. La imagen, por

41. Beckmann, "CT scanning the early days", 6.

tanto, podía verse impresa o en la pantalla de un tubo de rayos catódicos⁴². A pesar de su formalización fotográfica, a partir de la imagen Polaroid, hay que puntualizar que el motivo representado es la imagen digital construida en pantalla a partir de una matriz numérica analógica (fig. 4); un proceso donde intervienen dos regímenes escópicos diferentes y que evidencia la hibridación de espacios en la construcción de lo que sería el devenir de la imagen electrónica actual. Si atendemos a la imagen propiamente dicha —*image* desde la perspectiva teórica de Mitchell— los píxeles dan cuenta de una transcripción tonal de números a escala de grises⁴³. Esta pixelación reforzó la necesidad de confeccionar un tipo de soporte adecuado para su difusión, aquellos basados en la transcripción de datos numéricos a información visual, y que amparan el régimen escópico de la e-image. Los medios informáticos actuales han sido adaptados para que la transformación de datos numéricos a imagen, la visualización de éstas y su difusión se pueda realizar en el mismo espacio, ocultando el proceso de transcripción evidenciado en este texto.

Para solucionar la limitación del espacio bidimensional del papel a la hora de representar el tiempo del objeto en movimiento, Marey solapó instantáneas en la misma superficie y Muybridge incorporó más de una imagen dentro de una matriz interrelacionada. El hardware informático permite explorar el espacio tridimensional condensado en un tiempo instantáneo, a través de la amplia gama de software utilizados en instituciones como el Centro Universitario de Imágenes Médicas (CEUNIM) de la Universidad de San Martín (UNSAM) en Buenos Aires.

La mirada médica entrenada confirmó, gracias al uso de la técnica novedosa de la TC, que la paciente albergaba un tumor cerebral⁴⁴. Este tipo de escrutinio, realizado en diferentes disciplinas de conocimiento científico a partir de la representación gráfica, es parte fundamental de su cultura epistémica. La imagen de Hounsfield, Ambrose y su equipo partió de una hipótesis concreta —el tumor cerebral de una paciente—, a la que se le aplicaron una serie de técnicas de construcción de imagen —tomografía computerizada y transcripción mediante computación— y que, finalmente,

42. Hounsfield, "Computerized transverse axial scanning (tomography)", 1018.

43. Gracias a la posibilidad que posee el inglés de evocar dos palabras diferentes para lo que sería nuestra traducción del concepto imagen, Mitchell asigna materialidad a la *picture*, como puede ser el caso de un lienzo, mientras que la *image* correspondería a lo que encierra ese soporte material o a entidades más abstractas como el imaginario mental.

44. Bhidé *et al.*, "Case Histories of Significant Medical Advances".

fue transcrita de una determinada forma, entre una amplia variedad posible, a la hora de establecer un diagnóstico y hacerla visible a la comunidad científica. Según Dumit, en la relación entre la “imagen que (objetivamente) habla por sí misma y el experto que (subjetivamente) lee sus labios está el deseo [...] de reducir la ambigüedad, de hacer las cosas claras y claramente aceptables”⁴⁵. Se podría decir que la representación visual obtenida está sujeta al condicionamiento de los sujetos que intervienen en ella, aun antes de su creación y, a su vez, determina la actualidad de los estudios donde se enmarcan, a pesar de perseguir un tipo objetividad basada en la adquisición de datos numéricos de un motivo de estudio concreto. Una objetividad ya perseguida en otros momentos históricos y que no hace más que acentuar la intervención de las decisiones, fuera de la arbitrariedad, de sus creadoras⁴⁶.

Los primeros resultados se presentaron en el congreso anual del *British Institute of Radiology* en abril de 1972 y se publicaron en una crónica breve en el semanario *The New Scientist*⁴⁷. La imagen presentada, y que representa los patrones numéricos (fig. 4) —imagen de tránsito entre los datos recogidos en el escáner y la matriz tonal final—, podría considerarse el negativo de las formalizadas en última instancia. Los puntos de la sección del cerebro con un valor numérico alto —y que, por tanto, ocupan un mayor espacio sobre el papel de cara a representar los dígitos— fueron transcritos a una tonalidad más cercana al blanco dentro del rango monocromático (compárese fig. 7 y 8). Las partes con un valor numérico bajo, como las representadas por una cifra, dejan más hueco entre el resto de dígitos colindantes, aun así fueron transcritas al negro. Por tanto, se adjudicó el blanco a la representación de los dígitos altos y el negro a los más bajos; los huesos se suelen ver en blanco al ser el tejido que más rayos X absorben, mientras que el aire se representa en negro, al tener menos poder de absorción. Esta fue la manera en que se pudo diagnosticar el tumor cerebral, gracias a una mayor capacidad de absorción en relación a otro tejidos.

45. Dumit, *Picturing Personhood*, 119.

46. Lorraine Daston y Peter Galison, *Objectivity* (Nueva York: Zone Books, 2007).

47. Bosch, “Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada”.

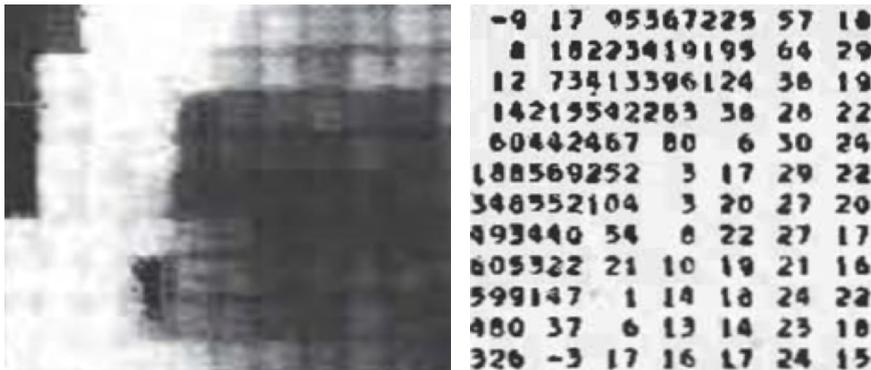


Figura 7 y 8: (Izda.) Detalle de la figura 4. Los números de un solo dígito dejan más espacio entre los números de alrededor. (Drcha.) Detalle de la figura 5. El tono blanco corresponde a los números más elevados, mientras que las partes en negro corresponden los dígitos con un valor más cercano al cero.

Los primeros estudios y resultados del escáner TC en espiral fueron presentados por Willi Kalender (Alemania, 1949) en 1989, en la reunión anual de la Radiological Society of North America, en Chicago. Una de las diferencias principales de este tipo de escáner en espiral, respecto al despliegue de dos baterías de doce cámaras a cada lado para representar al caballo a galope inventado un siglo atrás (fig. 9)⁴⁸, fue la posibilidad de producir imágenes de la complejidad del objeto de estudio completo, como totalidades o representaciones de fenómenos instantáneos, a pesar de estar basadas en la secuenciación temporal (compárese fig. 10 y 11). En la figura 9 vemos una batería de cámaras, a lo largo de un recorrido lineal, con el propósito de capturar el movimiento del caballo a galope. La secuenciación de imágenes en el estudio científico ha sido utilizada en innumerables casos. Un ejemplo lo encontramos en el análisis temporal del crecimiento embrionario utilizado por Ernst Haeckel. Más allá del fraude en el que se han visto envueltas sus representaciones, analizado en el libro *Haeckel's Embryos. Images, Evolution and Fraud* de Nick Hopwood, esta estrategia visual fue la utilizada por el científico para establecer una narrativa de la evolución, en diferentes lapsos de tiempo, de un fenómeno que ocurre dentro del cuerpo humano y animal. Otro ejemplo paradigmático sería el de las imágenes de

48. Eadweard Muybridge, *Horses and other animals in motion* (Nueva York: Dover Publications, [1887] 1985), 3.



Figura 9. Equipo de Muybridge para la secuencia de fotografías en Palo Alto. Kingston Museum and Heritage Service.

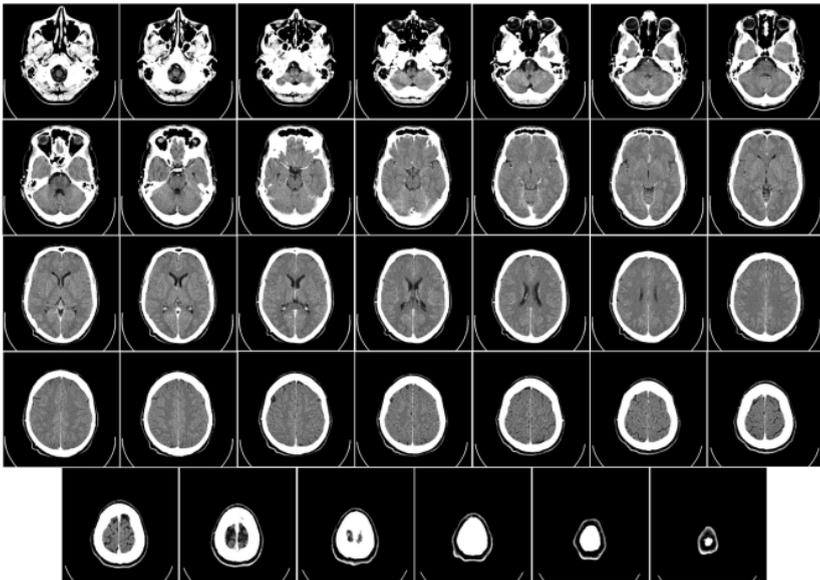


Figura 10. Imagen PET-TAC. Disponible en: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Computed_tomography_of_human_brain_-_large.png. Última consulta: 27 de febrero de 2020.

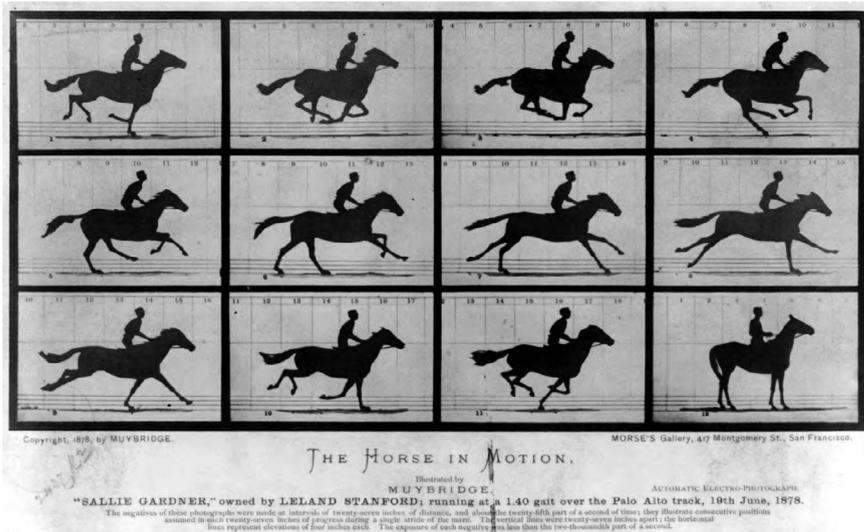


Figura 11. Muybridge, Eadweard (1878) Horse in Motion. Disponible: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Horse_in_Motion.jpg Última consulta: 4 de marzo 2020.

Santiago Ramón y Cajal, quien optó por la herramienta del dibujo para representar diferentes perspectivas y tiempos de sus objetos de estudio — mayoritariamente neuronas— en la comprensión de aspectos espaciales de los fenómenos que ocurren en el cerebro⁴⁹. La cultura proto-cinematográfica impregnó los intereses de la comunidad artística y científica en el análisis de la complejidad espacio-temporal de aquello que no era visto a simple vista, a mediados y finales del siglo XIX.

El escáner TC en espiral, por el contrario, recoge la información del cuerpo seccionado en láminas de igual grosor. El dispositivo se desplaza en espiral alrededor del cuerpo (fig. 12). Aunque el intervalo de captura sea mucho menor al de Muybridge, se trata de un dispositivo que crea secuencias de imágenes de secciones del cerebro distanciadas por espacios y tiempos muy reducidos. Este acortamiento de los tiempos pretende ofrecernos la representación de un acontecimiento supuestamente instantáneo. La pretensión en la creación de las imágenes digitales del cerebro era la de

49. Erna Fiorentini, "Induction of visibility: Reflections on histological slides, drawing visual hypotheses and aesthetic-epistemic actions". *History and philosophy of the life sciences*, 35, n.º 3 (2013). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24779108/>

dilucidar el fenómeno a estudiar de manera sintética, de obtener una instantánea funcional y arquitectónica de un lapso temporal específico, a pesar de que, en su construcción, también acontece una minimización de los tramos de secuenciación. Las imágenes TC configuran matrices analizables como epistemologías visuales de imágenes concatenadas, que pretenden constituirse ontológicamente como una unidad, pese a que no han sido tomadas simultáneamente. El cinematógrafo y el software digital de diagnóstico por imagen son tecnologías construidas con el propósito de mostrar movimientos, fisiologías y comportamientos en el espacio y en el tiempo —en el caso del primero, desde varios lapsos y, en el segundo, desde uno concreto—. La ambición en la creación de las imágenes digitales del cerebro fue la de configurar el volumen del objeto de estudio en un ‘acto de presencialidad’, de testimonio visual. Estas imágenes, como totalidades, forzaron la búsqueda de otras plataformas de visualización donde mostrar el objeto de estudio tridimensional en el espacio, desde un tiempo estático —como ocurre con los modelos 3D actuales realizados en programas informáticos como Blender o Autodesk Maya—. Su especificidad radica en la búsqueda del análisis de los fenómenos, independizando la espacialidad de la linealidad temporal, para establecer una nueva relación: la espacialidad tridimensional y el tiempo congelado o, lo que es lo mismo, el paso de la imagen-movimiento a la imagen-tiempo⁵⁰. Una de las principales aportaciones de estas imágenes fue, por tanto, el análisis del ‘aquí y ahora’ de los objetos de estudio, sometidos a exploración gracias, en parte, al consenso médico en la consideración de estas imágenes como volúmenes espaciales independizados del transcurso del tiempo.

Las imágenes analógicas de Muybridge diseccionaron el movimiento del caballo en lapsos cortos, gracias al dispositivo tecnológico de la cámara fotográfica. La solución adoptada para su formalización fue la de conformar secuencias visuales que permitieron desarrollar el campo de la fisiología animal. Étienne-Jules Marey optó por las denominadas cronofotografías, que ayudaron a optimizar el rendimiento de los trabajadores en las fábricas⁵¹. Las imágenes digitales, formalizadas a partir de la lectura de datos de los escáneres TC en espiral, han permitido expandir el campo de estudio en las neurociencias modernas. Las características de ambos regímenes —*film*

50. Brea, *Las tres eras de la imagen*.

51. Cartwright, *Screening the body*, 3.

y e-image— han aportado herramientas para el análisis de aquello que es imperceptible al ojo humano a simple vista. El aliciente de las imágenes digitales es la construcción de la codificación del mundo en una realidad objetivable, como diría Brea.

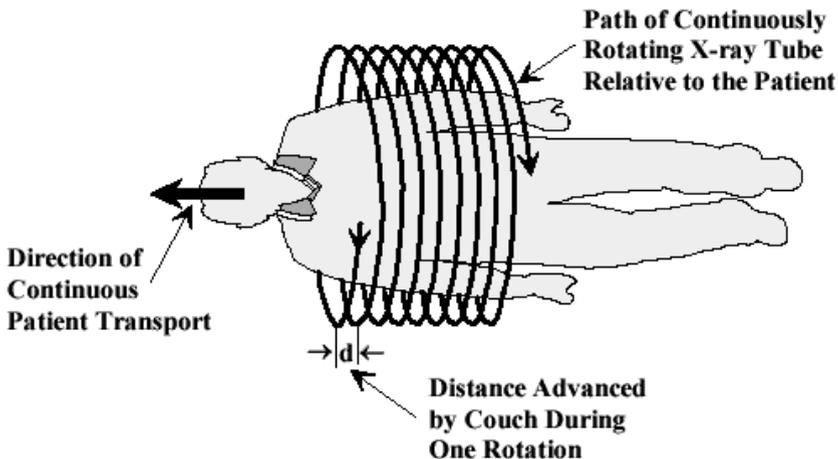


Figura 12. Escáner TC en espiral. Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NM19_100.gif,

Según Megan Delehanty, la construcción de imágenes del cerebro, a partir de datos, proporciona una característica epistémica propia respecto a otras representaciones gráficas, como las obtenidas por electroencefalografía —gráfica de datos—. También afirma que estas mismas imágenes pueden ser, a su vez, menos informativas, a pesar de poseer una apariencia próxima a lo que puede percibir el ojo humano, a través de su relación con el mundo que le rodea sin intermediarios técnicos⁵². El incremento de diseñadores y artistas, que trabajan para ofrecer una imagen intuitiva y basada en datos numéricos para un público amplio, ha impulsado el refinamiento estético de las manifestaciones gráficas⁵³. La espectacularidad de las imágenes, obtenidas a partir de los datos recogidos por el telescopio espacial Hubble, abre la

52. Megan Delehanty, "Why images?" *Medicine Studies* 2, n.º 3 (2010). <https://doi.org/10.1007/s12376-010-0052-2>

53. Lotte Philipsen y Rikke S. Kjaergaard (eds.), *The Aesthetics of Scientific Data Representation: More than Pretty Pictures* (Nueva York: Routledge, 2018), 101.

puerta a una difusión amplia en canales de comunicación populares, como Instagram Explore, las revistas de reconocido prestigio Nature o Science y las aperturas de los informativos televisivos, entre otras. Las imágenes

[...] tienen un enorme poder sugestivo, como si a través de ellas el interior o los secretos de la naturaleza se presentaran directamente ante nuestros ojos. Y este efecto se basa en el hecho de que actúan como imágenes y, en consecuencia, también participan de la veracidad de las imágenes. Así visto, así creído⁵⁴.

6. Enfoque epistémico desde la hibridación de regímenes escópicos

Las radiografías, obtenidas mediante el uso de rayos X sobre el cuerpo humano, han sido el origen de tecnologías posteriores de producción de imagen por efecto de radiaciones ionizantes en el campo de las neurociencias contemporáneas, como las TC analizadas. La contribución de estas últimas consistió en unir los rayos X al cálculo matemático. Las radiografías utilizaron el soporte fotográfico como espacio de representación, mientras que las tomografías, determinadas por esa construcción híbrida entre haces de luz y datos matemáticos, comenzaron su andadura a caballo entre el soporte analógico y digital.

Tanto la fotografía como la cinematografía requieren de estímulos luminosos en reacción con el nitrato de plata, mientras que en las imágenes TC se procesan datos numéricos obtenidos por emisión de haces colimados de rayos X sobre el objeto de estudio, almacenados en los receptores alojados en el lado contrario del escáner. Los datos recolectados en estos receptores son los utilizados en la transcripción a imagen. Las imágenes TC difieren de las radiografías en su producción material —*picture*, como diría Mitchell—, pero se asemejan formalmente al conocimiento cultural sobre la visualización de nuestro interior sin necesidad de incisión —*image*—. La transcripción visual de los datos numéricos, sobre la cantidad de absorción de rayos X, permitió visibilizar anomalías en el cerebro, como es el caso del tumor cerebral detectado en 1971. La validez de la imagen, construida digitalmente, aportó un reforzamiento clínico en el diagnóstico, además de vincular lo morfológico a lo psíquico, atribuyendo una correlación reduc-

54. Weigel, "Les images, acteurs majeurs de la connaissance", 4.

cionista entre cerebro anómalo y mente anómala. Este último aspecto tuvo una relevancia notoria a la hora de utilizar las imágenes TC como pruebas en juicios, tal y como ocurrió en el caso de John Hinckley, una práctica que se incrementó tras su invención⁵⁵.

Las imágenes construidas, dentro del campo de las neurociencias contemporáneas, podrían situarse —con algunas particularidades lindantes con el *film*— dentro del tercer régimen escópico expuesto por José Luís Brea: la e-image⁵⁶. Este régimen se caracteriza por la producción ilimitada a partir de la computación y su proyección en pantalla —reforzando el tránsito de la imagen-movimiento a la imagen-tiempo con software especializado en la visualización tridimensional—, la multiplicación de los dispositivos de visionado y el carácter biopolítico, tal y como hemos analizado con anterioridad. El laboratorio londinense de la compañía EMI, encargado de transcribir los datos en bruto recogidos en el escáner, confeccionó una imagen impresa a partir de una cuadrícula de datos obtenida mediante procesos de computación: números que representaban el índice de absorción del corte del cerebro y, formalmente, el propio corte del cerebro (fig. 4). Esa imagen podía imprimirse de manera ilimitada, así como emitirse desde una pantalla semejante a la de una televisión, antes de que las pantallas de los ordenadores fueran de uso general. Por último, se tomaron fotografías Polaroid de cada una de las imágenes de las secciones del cerebro que mostraba la pantalla.

La construcción de la imagen TC fue un episodio que tenía como base formal la materialidad analógica producida en diferentes formatos, a pesar de que estaba conformada por la transcripción de datos a elementos gráficos. Esta reproducción en diferentes formatos —impresión, pantalla CRT y fotografía Polaroid de lo emitido en la anterior— remite al concepto de ubicuidad, característica de las e-image de Brea: “Son imágenes acumuladas, superpuestas, plegadas, amontonadas febrilmente”⁵⁷. La construcción de la e-image por computación y su predominio actual desde múltiples dispositivos electrónicos es lo que establecería el

mundo de electricidades nomádicas, superpoblados e imágenes, cruzado hasta la saturación por sus proyecciones catódicas, lanzadas en todas direcciones

55. Dumit, *Picturing Personhood*, 109-110.

56. Brea, *Las tres eras de la imagen*.

57. Brea, *Las tres eras de la imagen*, 69.

[...]. Un mundo poblado de infinitos conos escópicos que salen de cada lugar y se dirigen hacia cualquier otro, en cualquier dirección⁵⁸.

El hecho de utilizar el formato Polaroid, para reproducir la emisión de una pantalla de rayos catódicos, da cuenta del tránsito epistémico generado por la introducción de la computación en la difusión de la imagen; entre el régimen del *film* y el de la e-image. Aunque las TC fueron generadas mediante funciones matemáticas en un ordenador, la imagen de la Polaroid se produce en un momento en el que la comunicación digital estaba todavía por desarrollar. Esta tecnología de imagen híbrida se sitúa en los albores del giro icónico defendido por Sigrud Weigel. Las imágenes del cerebro “actúan como viajes de exploración a tierras que antes permanecían ocultas a la vista, [...] no son imágenes en el sentido convencional, sino esencialmente procesos de medición y visualización de datos, [...] va más allá de la copia y la representación, de la mimesis y la analogía”⁵⁹. Las imágenes generadas de manera computacional, dentro de este contexto, fueron difundidas en soportes relacionados con las propiedades materiales del régimen escópico del *film*: analógicos y químicos. En su construcción intervino lo digital, pero su comunicación todavía era analógica. El giro icónico de lo analógico a lo digital, en el terreno de las neurociencias, no se produjo de forma abrupta.

Las imágenes TC analizadas han servido de eje transicional en las formas de construcción de la imagen analógica a la digital, como portadoras y generadoras de conocimiento. Al igual que ocurrió con las radiografías, en tanto que visualizaban y solapaban el interior y el exterior del cuerpo, las imágenes creadas con tecnologías posteriores a las TC aspiraron a comprender los procesos opacos de las funciones biológicas humanas, convirtiéndolo en un objeto cultural en disputa⁶⁰. Las tecnologías de la computación permitieron la transcripción de los niveles de absorción de radiación capturados en los escáneres a imágenes. Ese poder de sugestión, a través de manifestaciones gráficas reconocibles, expandieron el imaginario colectivo hacia un modelo de formalización visual configurado por las ciencias matemáticas. Con la evolución de la computación, la pantalla se fue acomodando como soporte para este tipo de construcción visual basada en datos. Y es que, estas con-

58. Brea, *Las tres eras de la imagen*, 70.

59. Weigel, “Les images, acteurs majeurs de la connaissance”, 3-4.

60. Jose Van Dijk, *The transparent body: A cultural analysis of medical imaging* (Washington: University of Washington Press, 2011), 4.

diciones, involucradas en la configuración de la imagen, están afectadas por las formas de ver —régimenes de la observación— imperantes en cada contexto histórico y social⁶¹.

7. Conclusiones

La construcción de las imágenes está condicionada y condiciona el medio cultural y social donde están insertas. Las manifestaciones visuales se conforman específicamente atendiendo al tipo de régimen descriptivo, escópico y de la observación donde se encuentran. Las descripciones gráficas analizadas en la primera parte del texto, surgidas a partir de mediados del siglo XIX, perseguían la objetividad científica, afectando a la propia práctica, a pesar de que esa búsqueda del acontecimiento sin carga subjetiva estaba, precisamente, cargada de ella⁶². A partir del análisis de los diferentes regímenes escópicos del *film* y la e-image, hemos visto cómo la imagen se convierte en elemento central de la experiencia, influyendo en su indexicalidad dentro de diferentes contextos, como su uso en el dictamen de sentencias jurídicas o en la vinculación de los aspectos morfológicos y funcionales de nuestro cerebro; en cómo nos relacionamos con el mundo que nos rodea y cómo construimos nuestra propia identidad⁶³. Al igual que ocurre con los diferentes tipos de descripción gráfica, utilizados por comunidades científicas expertas, los regímenes escópicos del *film* y de la e-imagen, propuestos por Brea, han coexistido y coexisten de manera híbrida. Los regímenes de la observación que surgieron en el siglo XIX, y que alteraron la manera de observar y ser observados, como hemos subrayado con el análisis de la transparencia radiográfica, se han solapado con aquellos que surgieron tras la introducción de la computación en la confección de imágenes, transformando lo concerniente al diagnóstico clínico⁶⁴. Las imágenes TC se sitúan en los albores de la imagen digital, pero también se ubican en las peculiaridades del *film*. Y es que, el origen de las imágenes digitales que contemplamos en nuestras pantallas discurre en paralelo al desarrollo de la computación. La computación permitió cuantificar numéricamente los niveles de absorción para someterlos a

61. Crary, *Techniques of the observer*.

62. Daston y Galison, *Objectivity*.

63. Brea, *Las tres eras de la imagen*.

64. Crary, *Techniques of the observer*.

interpretación. La imagen TC es una interpretación formal del cerebro, existe una separación, en el sentido de que la intermediación se realizó a través de varios dispositivos y procesos técnicos que intervinieron (rayos X), analizaron (escáner), transformaron (computación), transcribieron (laboratorio) e interpretaron (comunidad experta en el diagnóstico tumoral). La construcción de la imagen se ajustó a los objetivos de la comunidad científica en su análisis fisiológico —cantidad de radiación absorbida por las diferentes secciones—. El equipo que la produjo partió de una secuencia de datos en bruto que convirtió en imagen TC⁶⁵. Estos datos en bruto, tras ser transcritos, fueron adaptados a un formato y un diseño para la confección de una imagen, bajo decisiones no arbitrarias de los diferentes agentes implicados⁶⁶. En este texto hemos visibilizado que las posibles configuraciones de los datos numéricos, que se obtuvieron a través del escáner, están influidas por una negociación del sentido a ser expuesto con mayor claridad. No existe una única forma de representar, sino también de ver. Según Susan Buck-Morss, estas imágenes no representan objetos: “La manipulación afecta a la superficie de la imagen, no a su origen”⁶⁷. La imagen TC muestra la fragmentación de las diferentes secciones del cerebro en el espacio y en el tiempo a partir del giro del escáner. A pesar de que el objetivo de este tipo de estudios es ofrecer información del cerebro en un tiempo concreto, el propio giro del escáner genera una diacronía condicionada por unos tiempos de producción alejados del momento instantáneo. La diacronía de las imágenes es la que ha permitido conseguir una sensación de dinamismo a lo largo del tiempo, tal y como se refleja en la producción cinematográfica, las matrices de Muybridge o las cronofotografías de Marey. La tecnología TC en espiral ofrece secciones de imágenes con un ligerísimo desfase en el tiempo, a pesar del consenso médico que las considera como sucesiones de imágenes simultáneas. Este consenso en la construcción de la imagen TC ha sido factor fundamental en el tránsito de la imagen-movimiento a la imagen-tiempo.

65. Djuke Veldhuis, “Scientific Storytelling: Visualizing for Public Audiences,” in *The Aesthetics of Scientific Data Representation: More than Pretty Pictures*, eds. Lotte Philipsen y Rikke S. Kjaergaard (Nueva York: Routledge, 2018), 79-92.

66. Martin Krzywinski, “Scientific Data Visualization: Aesthetic of Diagrammatic Clarity,” in *The Aesthetics of Scientific Data Representation: More than Pretty Pictures*, eds. Lotte Philipsen y Rikke S. Kjaergaard (Nueva York: Routledge, 2018), 26.

67. Susan Buck-Morss, “Estudios visuales e imaginación global,” *Antípoda. Revista de antropología y arqueología* 9 (2009): 19-46. <http://dx.doi.org/10.7440/antipoda9.2009.01>

Nos encontraríamos, por tanto, en un tránsito de la reproducibilidad⁶⁸ a la productividad infinita: las fotografías Polaroid de la imagen TC darían paso a la comunicación digital entre pantallas de ordenadores con los avances de la computación⁶⁹, pero también en un tránsito de la visualización de la imagen-movimiento analógica a la imagen-tiempo digital.

En todo proceso de creación de imágenes, los parámetros están en relación con los agentes involucrados. El proceso de creación de imágenes TC muestra la complejidad derivada de la intervención e interpretación de las personas y las técnicas implicadas. Con la introducción de la computación, los datos utilizados en esta tecnología estuvieron sujetos a interpretación en el acto mismo de la observación⁷⁰. Los patrones y familias de semejanzas en las representaciones requieren del entrenamiento de la mirada del agente que las recibe⁷¹. Las imágenes obtenidas a través de cada tecnología requieren de una mirada entrenada para ser comprendidas, ya que, en el caso de las e-image, proporcionan claves visuales como la gama tonal que codifica aspectos cuantitativos⁷². Creación y observación comparten códigos interpretativos. La producción de estas imágenes está determinada por las personas involucradas en su invención, los recursos visuales, su relación con los orígenes de la fotografía, la radiografía y el cinematógrafo, y los procesos de revelado, entre otros factores. Este texto pretende desvelar el camino por el cual el “trabajo científico o técnico se vuelve invisible a causa de su propio éxito” y mostrar el proceso de construcción de las imágenes TC a partir de sus referencias visuales previas y los procesos de construcción involucrados en ellas, así como sus implicaciones directas en nuestra forma de relacionarnos con el mundo y con nosotros mismos⁷³.

68. Walter Benjamin, *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica* (México: Itaca, [1935] 2003).

69. Brea, *Las tres eras de la imagen*, 76.

70. Veldhuis, “Scientific Storytelling: Visualizing for Public Audiences,” 82.

71. Carmel Ferragud; Antonio Vidal; José. R. Bertomeu, y Rut Lucas, *Documentación y metodología en Ciencias de la Salud* (Valencia: Nau Llibres, 2017).

72. Daston y Galison, *Objectivity*, 18.

73. Bruno Latour, *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia* (Barcelona: Gedisa, [1999] 2001).

Agradecimientos

Quiero agradecer a María Jesús Santesmases y Selina Blasco por acompañarme y ayudarme en el proceso de investigación de este texto, basado en las aportaciones realizadas en mi tesis doctoral *Epistemología visual: de los dibujos de Santiago Ramón y Cajal a las imágenes en las neurociencias contemporáneas* y a Ana Romero de Pablos por contar conmigo para la presentación de este artículo, tanto a esta revista como al X Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España donde introduce las líneas principales del texto. ■

Bibliografía

- Ambrose, James. "Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application." *The British journal of radiology* 46, n.º 552 (1973): 1023-1047. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-46-552-1023>
- Anderson, Nancy A. y Dietrich, Michael. R. *The educated eye: visual culture and pedagogy in the life sciences*. New Hampshire: UPNE, 2012.
- Azoulay, Ariella. *The Civil Contract of Photography*. New York: Zone Books, 2008.
- Beckmann, Elizabeth. C. "CT scanning the early days." *The British journal of radiology* 79, n.º 937 (2006): 5-8. <https://doi.org/10.1259/bjr/29444122>
- Benjamin, Walter. *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*. México: Ítaca, [1935] 2003.
- Bhidé, Amar; Datar, Srikant y Stebbins, Katherine. "Case Histories of Significant Medical Advances: Development of Computed Tomography." *Harvard Business School Accounting & Management Unit Working Paper* 20, n.º 4 (2021) (Revisado en julio de 2020). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3429976>
- Borden, William C. *The Use of the Röntgen Ray by the Medical Department of the United States in the War with Spain*. Washington: Government Printing Office, 1898.
- Bosch, Enrique. "Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna." *Revista chilena de radiología* 10, n.º 4 (2004): 183-185. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082004000400007>
- Boverly, Margaret y Glasser, Otto. *Wilhelm Conrad Röntgen and the early history of the Roentgen rays*. Estados Unidos: Norman Publishing, [1934] 1993.
- Brea, José Luis. *Las tres eras de la imagen: imagen-materia, film, e-imagen*. Madrid: Akal, 2010.
- Cartwright, Lisa. *Screening the body: Tracing medicine's visual culture*. Minnesota: University of Minnesota Press, 1995.
- Crary, Jonathan. *Techniques of the observer: On vision and modernity in the nineteenth century*. Cambridge: MIT press, 1990.

- Curtis, Scott. "Photography and Medical Observation del capítulo." *The Educated Eye. Visual Culture and Pedagogy In the Life Sciences*, ed. Nancy Anderson y Michael R. Dietrich (New Hampshire: Dartmouth College Press, 2012), 67-86.
- Daston, Lorraine y Galison, Peter. *Objectivity*. Nueva York: Zone Books, 2007.
- Delehanty, Megan. "Why images?" *Medicine Studies* 2, n.º 3 (2010): 161-173. <https://doi.org/10.1007/s12376-010-0052-2>
- Didi-Huberman, Georges. *La imagen superviviente: historia del arte y tiempo de los fantasmas según Aby Warburg*. Madrid: Abada, 2009.
- Didi-Huberman, Georges. *Ante la imagen: pregunta formulada a los fines de una historia del arte*. Murcia: CENDEAC, 2010.
- Dumit, Joseph. *Picturing Personhood: Brain Scans and Biomedical Identity*. Nueva Jersey: Princeton University Press, 2004.
- Ferragud, Carmel; Vidal, Antonio; Bertomeu, José. R. y Lucas, Rut. *Documentación y metodología en Ciencias de la Salud*. Valencia: Nau Llibres, 2017.
- Fiorentini, Erna. "Induction of visibility: Reflections on histological slides, drawing visual hypotheses and aesthetic-epistemic actions." *History and philosophy of the life sciences*, 35, n.º 3, 379-394 (2013). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24779108/>
- Holtzmann Kevles, Bettyann. *Naked to the bone. Medical Imaging in the Twentieth Century*. Nueva Jersey: University Press, 1997.
- Hounsfield, Godfrey Newbold. "Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system." *The British journal of radiology* 46, n.º 552 (1973): 1016-1022. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-46-552-1016>
- Keller, Thomas M. "A Roentgen Centennial Legacy: The First Use of the X-Ray by the U.S. Military in the Spanish-American War." *Military medicine* 162, n.º 8 (1997): 551-554. <https://doi.org/10.1093/milmed/162.8.551>
- Krzywinski, Martin. "Scientific Data Visualization: Aesthetic of Diagrammatic Clarity." En *The Aesthetics of Scientific Data Representation: More than Pretty Pictures* editado por Lotte Philipsen y Rikke S. Kjaergaard, 22-35. Nueva York: Routledge, 2018.
- Lamata Manuel, Ana. "Superrealistas: De la Contribución de los Rayos-X a la Visión y Presentación de la Realidad en el Arte a Comienzos del Siglo XX." Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 2010.
- Lenander, Nanna. "X-ray Aesthetics. Radiographic Vision in The Magic Mountain and Painting, Photography, Film." Tesis de Maestría, Universidad de Oslo, 2021.
- J. Lanska, Douglas. "The dercum-muybridge collaboration and the study of pathologic gaits using sequential photography." *Journal of the History of the Neurosciences* 25(1) (2016): 23-38.
- Latour, Bruno. *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona: Gedisa, [1999] 2001.
- Mitchell, William J. T. *La ciencia de la imagen: Iconología, cultura visual y estética de los medios*. Madrid: Akal, [2015] 2019.
- Moore, Kate. *Las chicas del Radio. Lucharon por la justicia, pagaron con sus vidas*. Madrid: Capitan Swing, 2018.

- Muybridge, Eadweard. *Horses and other animals in motion*. Nueva York: Dover Publications, [1887] 1985.
- Philipsen, Lotte y Kjaergaard, Rikke S. (eds.) *The Aesthetics of Scientific Data Representation: More than Pretty Pictures*. Nueva York: Routledge, 2018.
- Rego Robles, Miguel Ángel. The early drawings and prints of Santiago Ramón y Cajal: a visual epistemology of the neurosciences. *European Journal of Anatomy*, 23, n.º S1, 57-66 (2019).
- Röntgen, Wilhelm C. "On a new kind of rays." *Science* 3, n.º 59 (1896): 227-231. <https://doi.org/10.1126/science.3.59.227>
- Sansare, Kaustubh; Khanna, Vinit y Karjodkar, Freny. "Early victims of X-rays: attribute and current perception." *Dentomaxillofacial Radiology* 40, n.º 2. (2011): 123-125. <https://dx.doi.org/10.1259%2Fdmfr%2F73488299>
- Secord, Anne. "Talbot's first lens: Botanical vision as an exact science." En *William Henry Fox Talbot. Beyond photography*, editado por M. Brusius. et al., 41-66. Yale: Yale University Press, 2013.
- Spirit, Beverly A. y Randall, Patricia A. "Radiologic history exhibit. The Role of Women in Wartime Radiology." *RadioGraphics* 15, n.º 3 (1995): 641-652. <https://doi.org/10.1148/radiographics.15.3.7624569>
- Susskind, Charles. "The invention of computed tomography." En *History of Technology* editado por Rupert Hall y Norman Smith, 9-80. Londres: Mansell, 1981.
- Van Dijck, José. *The transparent body: A cultural analysis of medical imaging*. Washington: University of Washington Press, 2011
- Veldhuis, Djuke (2018). "Scientific Storytelling: Visualizing for Public Audiences." En *The Aesthetics of Scientific Data Representation: More than Pretty Pictures* editado por Lotte Philipsen Lotte y Rikke S. Kjaergaard, 79-92. Nueva York: Routledge, 2018.
- Weigel, Sigrid. "Les images, acteurs majeurs de la connaissance." *Trivium* 1 (2008), <http://journals.openedition.org/trivium/319>. (Consultado el 5 de mayo de 2023).