



Revista de Filosofía Open Insight

ISSN: 2007-2406

openinsight@cisav.org

Centro de Investigación Social Avanzada

México

Esparza Urzúa, Gustavo; Dávalos, Oscar; Brambila-Paz, Fernando
Imagen y representación en E. Cassirer. Una reflexión a partir del Tomógrafo Axial Computarizado
Revista de Filosofía Open Insight, vol. XIII, núm. 29, 2022, Septiembre-Diciembre, pp. 105-131
Centro de Investigación Social Avanzada
Querétaro, México

DOI: <https://doi.org/10.23924/oi.v13i29.451>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421672821006>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Imagen y representación en E. Cassirer. Una reflexión a partir del Tomógrafo Axial Computarizado

Image and Representation on E. Cassirer. A Reflection since the Computed Tomography Scan

Gustavo Esparza Urzúa
Universidad Panamericana,
Campus Aguascalientes
gaesparza@up.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9470-6519>

Oscar Dávalos
Universidad Panamericana,
Campus Aguascalientes
odavalos@up.edu.mx

Fernando Brambila-Paz
Facultad de Ciencias
UNAM,
Ciudad de México
fernandobrambila@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7896-6460>

Fecha de recepción: 06/07/2021 • Fecha de aceptación: 14/06/2022

Resumen

En el presente artículo se estudian los conceptos de imagen y representación en la filosofía de Ernst Cassirer. En este texto se hace patente el valor simbólico con el cual el neokantiano define a las imágenes. A partir de ello, se explica cómo éstas pueden presentarse como una relación de identidad entre un objeto definido y el concepto construido por un agente epistémico. Para ilustrar dicha teoría, se considera el funcionamiento del Tomógrafo Axial Computarizado (TAC) para mostrar que la finalidad de las imágenes médicas es representar la realidad de forma digital, para lo cual se requiere únicamente simbolizar la forma del cuerpo. Finalmente, se sugiere el uso del Efecto Doppler como método alternativo a considerar en el funcionamiento del TAC.

Palabras clave: Cassirer, efecto Doppler, imagen, representación simbólica, Tomógrafo Axial Computarizado, transformada de Radon.

Abstract

This article studies the concepts of image and representation in Ernst Cassirer's philosophy. In this text the symbolic value with which the neo-Kantian defines images becomes evident. Based on this, it is explained how these can be presented as a relationship of identity between a defined object and the concept constructed by an epistemic agent. To illustrate such theory, the operation of the Computed Axial Tomography (CAT) is considered to show that the purpose of medical images is to represent reality digitally, for which it is only required to symbolize the shape of the body. Finally, the use of the Doppler Effect is suggested as an alternative method to consider in the operation of the CAT.

Keywords: Computerized Axial Tomograph, Cassirer, Doppler effect, Image, Radon transform, Symbolic representation.

Introducción

El objetivo del presente artículo es profundizar en el concepto de «imagen» y «representación» en la obra del filósofo neokantiano Ernst Cassirer, así como las implicaciones epistemológicas que se derivan de sus usos prácticos en el campo de la medicina. La tesis central que proponemos es que, dependiendo del procedimiento metodológico que se siga para *representar* una realidad (en este caso corporal), se obtendrá una cierta imagen vinculada al procedimiento implementado para su constitución. Partimos de que el objetivo de las representaciones dentro del campo científico es la construcción de *imágenes homológicas* (Ibarra y Mormann 2000), ya que la finalidad de estas prácticas es la interpretación de la realidad y no su copia, lo que implicaría que el propósito de la imagen es considerar los recursos de representación cuya visualización contribuya a entender el objeto representado.

Comenzamos por construir un marco teórico que nos permita elucidar la cuestión primaria: ¿Cuál es el papel de las imágenes representativas de lo corporal en la interpretación de la forma anatómica? Como eje teórico asumimos *La fenomenología del conocimiento* perteneciente al tercer volumen de la *Filosofía de las Formas Simbólicas* (en adelante, *FFS*) de Ernst Cassirer.¹ Para este autor, el dilema se encuentra en la complejidad (y validez) que entraña la tarea de asumir la percepción como una conceptualización legítima de la realidad, así como el papel que juegan las funciones representativas en la construcción de una imagen significativa. En esta obra se exponen los modos y procedimientos a través de los cuales el conocimiento científico se incorpora —auspiciado por un modelo conceptual de

1 Con el fin de identificar con mayor precisión el volumen de la *Filosofía de las Formas Simbólicas* al que se está haciendo referencia, estas obras serán citadas de acuerdo al siguiente criterio: *FFS* I (Cassirer, 1998a); *FFS* II (Cassirer, 1998b); *FFS*, III (Cassirer 1998c) y número de página.

intervención— a un sistema general de conocimientos y de aplicaciones prácticas. El autor presenta los fundamentos lógicos a través de los cuales es posible desarrollar una identidad de relación entre el sujeto y el objeto; la tesis central de este tercer volumen es que preexiste una armonía que se puede revelar y sistematizar luego de una investigación filosófica de los sucesos cotidianos.

Los fundamentos de los que parte Cassirer para la construcción de las representaciones o imágenes simbólicas con los que concebimos el mundo le permiten a este autor neokantiano fundamentar una identidad de relación entre formas intelectuales internas y las consecuencias naturales externas (*FFS* I: 26-30; Hertz 1899: 1). Dicha relación de identidad entre formas intelectuales y los hechos naturales fue descrita, a su vez, por el físico alemán Herman von Helmholtz (2015) como “armonía pre-establecida entre la forma y la realidad” (29).² Para este autor, toda representación de la realidad es una imagen de identidad entre un concepto (intelecto) y la cosa (realidad), de cuya función se posibilita la reflexividad del conocimiento. Cassirer (*FFS* I: 12-36), asume parte de este programa metodológico de Helmholtz (2015: 3-35) para fundamentar su obra magna. Pero de esta tesis cassirerana nos interesa la concepción de la *función* como recurso metodológico para investigar la forma general del proceso de representación del conocimiento (Cassirer 1953: 3-26; *FFS* II: 331-383).

Apoyados de este marco teórico, estudiamos el concepto de imagen y el papel de la representación dentro de la ciencia, pues consideramos que ofrece un punto de vista útil para la interpretación de la imagen construida en el contexto médico, específicamente en los que se producen con el Tomógrafo Axial Computarizado (TAC) (NIBIB, 2022). De acuerdo con la postura del filósofo neokantiano, el valor de los símbolos se sustenta en dos criterios básicos: 1) en su función representativa y 2) en su estructuración como imagen polar (puesto que se ofrece como síntesis de una diversidad de recursos).

2 “[...] pre-established harmony between form and reality”. Todas las traducciones son nuestras.

El programa de trabajo queda como sigue: en la primera sección ofrecemos una fundamentación más amplia sobre el concepto de imagen como función representativa en este autor, para luego, en una segunda sección, discutir estos resultados en el marco del estado de la cuestión; además de lo anterior, abordamos la discusión sobre las representaciones en el Tomógrafo Axial Computarizado para situar las necesidades y complicaciones relacionadas con la construcción de imágenes y su interpretación dentro del diagnóstico médico.

La imagen como símbolo. Restricciones a los conceptos de identidad y función

En el presente apartado se expone el concepto general de «función» que presenta Cassirer para justificar el vínculo mediante el cual se relacionan sujeto y objeto en el proceso de conocimiento. Las tareas a desarrollar son las siguientes: primero, se mostrarán los argumentos a través de los cuales según el autor existe una identidad cognoscitiva entre el sujeto-objeto; segundo, se presentan las críticas centrales que el autor recibió en Suecia de la definición de «símbolo», por considerar que el concepto que proponía era confuso, pues no permitía distinguir los dominios que decía reunir; tercero, se ofrecen las respuestas que Cassirer presentó a las objeciones sobre la «polaridad» que Marc-Wogau adujo sobre la teoría de la representación del filósofo de Breslavia;³ cuarto, se ofrecen las lecturas que

3 El debate entre Marc-Wogau (1936) y Cassirer (1975) constituye uno de los intercambios más fructíferos durante su estadía en Göteborg, Suecia. El marco del debate se dio a partir de la lectura que el primero haría sobre la *FFS*; La crítica central planteaba que la *Filosofía de las formas simbólicas* carecía de una visión sustancial pues suponía que un objeto A, en lugar de ofrecer una definición puntual, permitía una comprensión dual de tal modo que A podía ser B al mismo tiempo, es decir, el símbolo, tal como lo proponía Cassirer, era la representación tanto de A como de B, lo cual resultaba confuso, ya que esta propuesta no permitía establecer una distinción clara y distinta de la sustancia. El neokantiano por su parte, plantea lo siguiente: “[Para Marc-Wogau] la vivencia de percepción ha de tomarse como un todo que no admite más distinciones. [...] La materia de la percepción, tal como yo la entiendo, no es en modo alguno un ser real que se deje aislar y demostrar en este aislamiento como pura contingencia, como dato psicológico. Es, antes bien, un concepto límite al que son llevados la reflexión y

elaboran C. Hamburg (1949) y A. Ibarra & T. Mormann (2000) de la propuesta del autor.

❖ Concepto de función

En el primer volumen de la *FFS*, dedicado a *El lenguaje*, Cassirer plantea la siguiente reflexión sobre la ciencia:

[...] abandona ciertamente la esperanza y la pretensión de una aprehensión y comunicación «inmediatas» de la realidad. Ella comprende que toda objetivación que pueda llevarse a cabo es en verdad una mediación y como tal ha de permanecer (*FFS* I: 15).

Para el autor, puesto que la historia de la ciencia se propuso intercambiar los conceptos sustantivos por los funcionales (Cassirer 1953: 112-233), ahora el conocimiento se constituye como una imagen o símbolo, la cual en lugar de proponer una semejanza entre la imagen que se crea en el proceso de construcción del conocimiento y la cosa que se quiere representar, se ofrece una imagen como representación de dicha relación lógica (*FFS* I: 15). El principal argumento es que la Filosofía debe apropiarse el modelo metodológico de las ciencias físico-matemáticas, cuyo procedimiento no es la descripción puntual de la realidad, sino la coordinación funcional (Ryckman 1991: 61) de los fenómenos en torno a un sistema general de sentido.⁴

el análisis epistemológicos y de cuyo empleo no necesita privarse, a condición de que no pierda en ello su estructura lógica peculiar, esto es, a condición de comprenderlo precisamente y descubrirlo *como* tal concepto límite" (Cassirer 1975: 198. Énfasis en el original). Las lecturas posteriores del tema han dado por vencedor a Cassirer, pues consideran que su propuesta, al centrarse en un modelo conceptual basado en las ciencias naturales, permite una comprensión más amplia del comportamiento de los fenómenos. A este respecto, se recomiendan consultar a detalle los trabajos de C. Hamburg (1949) y Th. Mormann (2008). Para una lectura histórica del debate, ver Hansson & Nor-din (2006: 121-134)

4 Cassirer considera que el cambio de una perspectiva sustancial por una metodología utilizada por las ciencias naturales se traduce en un viraje en la pregunta por la

La idea del concepto como imagen [*Scheinbilder*] o símbolo [*Symbol*], a su vez, es retomada de la propuesta de Heinrich Hertz, quien definía a la imagen del modo que sigue:

Formamos imágenes [*Scheinbilder*] o símbolos [*Symbole*] de los objetos externos; y la forma que les damos es tal que las consecuencias necesarias de las imágenes [*Bilder*] en el pensamiento son siempre las imágenes [*Bilder*] de las consecuencias necesarias en la naturaleza de las cosas representadas [*abgebildeten*]. Para que esta exigencia se cumpla, es necesario que haya una cierta conformidad entre la naturaleza y nuestro pensamiento (1899: 1).⁵

Lo relevante de este pasaje es la definición de «imagen» como «símbolo», resaltando que su principal característica es la unidad de relación entre consecuencias naturales e intelectuales. La insistencia central de Cassirer al respecto es la colocación de lo simbólico como un sistema en donde la definición de un principio general opera como el primer criterio de constitución del conocimiento, pues es a partir de él como se interrelacionan los miembros que conforman al concepto en cuestión. De este modo, se afirma que existe una relación de identidad entre un objeto particular (naturaleza) y un sistema teórico (intelectual) con el cual se justifica la posibilidad de incluir cualquier fenómeno aislado dentro de un conjunto; sólo en la medida en que el nuevo recurso considerado cumple los criterios

forma del conocimiento: “The concept of the phenomenon itself differs, according as it is applied to an indefinite object of sense perception or to the theoretically constructed object of mathematical physics; and it is precisely the conditions of this construction which give rise ever anew to the epistemological question” (1953: 139). Esto es importante, porque el esfuerzo ya no está en la descripción puntual de la realidad, sino en la representación del objeto como un sistema de relaciones matemáticas, históricas, artísticas o de cualquier forma.

5 “We form for ourselves images [*Scheinbilder*] or symbols [*Symbole*] of external objects; and the form which we give them is such that the necessary consequents of the images [*Bilder*] in thought are always the images [*Bilder*] of the necessary consequents in nature of the things pictured [*abgebildeten*]. In order that this requirement may be satisfied, there must be certain conformity between nature and our thought”.

predefinidos por la ley general de sentido puede ser definido como elemento que pertenece al grupo (Esparza, 2019: 1494-1499).

Para Hertz y Cassirer, una imagen o símbolo del mundo es una dualidad de dominios cuya relación implica la constitución de una función de identidad que expresa la correlación entre la concepción intelectual de un fenómeno y el comportamiento físico del mismo. Aunque el propio Cassirer (1953) previamente había encontrado en la «función» la condición fundamental para la constitución del conocimiento, será hasta la *FFS* que la imagen se presentará como símbolo de identidad entre el sujeto y el objeto. Para el filósofo neokantiano, debido al detalle que ofrece en su obra magna, los componentes centrales del conocimiento serían tres, a saber: 1) la identidad del sujeto y el objeto (S-O), sin por ello postular una equivalencia entre ambos polos; 2) la representación del objeto o el sujeto por medio de recursos simbólicos; 3) la construcción de signos de mediación (convencionalmente construidos) con los cuales es posible la representación de la relación S-O.

El propio Cassirer, en el último volumen de su obra *El problema del conocimiento en la Filosofía y las Ciencias modernas* (1998d: 9-30), plantea dos cuestiones importantes. La primera, que el conocimiento a partir del siglo XVII se libera de la necesidad de vincular sus postulados con la realidad física y, en su lugar, propone la identidad del S-O en virtud de signos y símbolos que representan dicha relación. Para el neokantiano, el conocimiento en las ciencias naturales se entiende como un sistema de relaciones y significados conceptuales. Lo relevante de esto es la comprensión de lo simbólico como «sistema», pues es a través de la coherencia con esta totalidad como se evalúa la pertinencia de un nuevo componente. La segunda cuestión es que el conocimiento en las ciencias naturales no adquiere validez por lo vivido o experimentado por el sujeto, sino en la medida en que la nueva formulación es consistente con un sistema o corpus conceptual previamente definido como válido. Con esto, se puede afirmar que el concepto de imagen o símbolo es una red de representaciones con las cuales se evalúan y validan los efectos operativos al margen de la experiencia física.

❖ Críticas

Sin embargo, de acuerdo a lo expuesto por M. Ferrari (2015), la postulación de la imagen como símbolo —e incluso el propio sentido de lo simbólico— generó resistencias por parte de los comentaristas de la obra de Cassirer, pues consideraban que la relación de identidad entre dominios, del modo en que el neokantiano lo proponía, no permitía distinguir claramente entre S-O, lo cual implicaba confusiones al momento de señalar la forma de relación que mediaba entre ambos polos.

El caso más claro está en el debate que el filósofo neokantiano mantuvo con Marc-Wogau, quien considera que el carácter «polar» impreso en dichos conceptos se resuelve invocando una armonía entre contextos opuestos, argumentando para ello la existencia de una imagen o símbolo que los unifica entre sí.⁶ Para el filósofo sueco, este vínculo en los términos del neokantiano se presenta como una ambivalencia que, en lugar de diferenciar entre individualidades y explicar cómo es que en su unión cada uno de ellos se mantiene y distingue, en la obra del filósofo de Breslavia “Los dos miembros de la relación coinciden entonces consistentemente. Si A y B van a estar conectados de tal manera que A recibe su determinación sólo con respecto a B, B logra su determinación sólo con respecto a A, entonces es imposible distinguir entre A y B: ambos coinciden”.⁷ Esto, en última instancia, a decir de Marc-Wogau, implicaba que el neokantiano no había sido capaz de diferenciar las unidades sustanciales que se representaban en el símbolo.

6 “Durch diese Hervorhebung der «Polarität» von Sinnlichem und Sinnerfüllung bzw. von sinnlich Gegebenem und Symbolisiertem ist der Inhalt des Symbolbegriffs keineswegs erschöpft. Nicht nur der Gegensätzlichkeit, sondern auch der Gedanke einer ganz bestimmten Relation zwischen den beiden Momenten ist für den Symbolbegriff wesentlich” (Marc-Wogau 1936: 290).

7 “Die beiden Glieder der Relation fallen dann aber konsequent zusammen. Sollen A und B derart verbunden sein, dass A seine Bestimmtheit nur in bezug auf B, B seine Bestimmtheit nur in bezug auf A erhält, so ist es unmöglich, zwischen A und B zu unterscheiden: sie fallen zusammen” (Marc-Wogau, 1936: 292).

❖ Respuestas de Cassirer

La respuesta de Cassirer a esta crítica es importante, pues enfatiza esta unidad de lo diverso como una relación de identidad cuya característica central está, precisamente, en la armonía de los contrarios y, de acuerdo a él, en su unión simbólica:

[...] en la construcción de mi teoría del concepto, yo mismo he vuelto a subrayar siempre esa «duplicidad», poniéndola en el centro de indagación. Sin duda, todo concepto de relación es «uno y múltiple», es «simple» y «doble». Es una peculiar unidad de sentido y totalidad de sentido que se articula en partes relativamente independientes y claramente distinguibles una de otra (Cassirer 1956: 193).

La confirmación de una integración de unidades para postular una duplicidad y una identidad entre dos dominios opuestos, es justificada por el autor como una relación funcional, toda vez que el significado de un elemento particular depende de la forma general de la que toma su sentido. Sin embargo, la cuestión central es si, independientemente de lo postulado por Cassirer, es posible establecer una relación funcional entre dos elementos que son contrapuestos en cuanto a su constitución, pero que en su interrelación adquieren sentido conjunto. En las lecturas de C. Hamburg (1949) y Th. Mormann (2008) encontramos interpretaciones importantes para la fundamentación de nuestra tesis central.

❖ Nuevas lecturas

Para Hamburg (1949), la cuestión central alcanzada en este diálogo Cassirer y Marc-Wogau es que el valor central de las formas simbólicas habilita, por un lado, la posibilidad de unificar lo diverso en una síntesis de sentido, pero, por el otro, dicha unidad lograda depende directamente tanto del agente que reúne como de los recursos que utiliza para la simbolización de lo múltiple, y no así del objeto percibido. De este modo, el acto de conocimiento está en el sujeto que interpreta al fenómeno: “la tesis de que todos los contextos (en

los que —objetivamente— tenemos un mundo, una estructura, un dominio de la realidad) deben ser interpretados como evaluaciones simbólicas de los datos de la percepción orientadas de forma diferente” (49).⁸

Mormann (2008) por su parte, si bien concede a Cassirer la razón en cuanto a lo argumentado sobre el símbolo como una síntesis de lo polar, considera que el principal fallo de su postura es la afirmación de que lo diverso se unifica naturalmente por virtud del agente. Ante la falta de argumentos en la postura de Cassirer, el propio Mormann plantea un escenario alternativo, en donde es posible reunir fenómenos diversos en torno a un concepto que los unifica: “La refutación de Cassirer de la tesis de la identidad de Marc-Wogau invocando definiciones implícitas no puede considerarse totalmente adecuada” (176).⁹

Estas interpretaciones resaltan que el valor de lo simbólico está en la síntesis intelectual que permite diferenciar cada uno de los miembros en un conjunto común. De acuerdo con ello, la cuestión primaria de la propuesta del autor es el modo en cómo se habilita el vínculo entre la totalidad de los miembros y su diversidad en torno a una imagen simbólica que los representa; por ende, la identidad propuesta por Cassirer no remite a la descripción puntual de todos los miembros de la serie y cómo se interconectan entre sí cada uno

8 “[...] the thesis that all contexts (in which we —objectively— have a world, structure, domain of reality) are to be interpreted as differently oriented symbolic evaluations of the data of perception”.

9 “Cassirer’s refutation of Marc-Wogau’s identity thesis by invoking implicit definitions may not be considered as fully adequate”. Esta postura de Mormann es interesante, pues se coloca en el centro de la filosofía de Cassirer y propone que la definición que permite reunir los fenómenos en torno a un símbolo específico se encuentra predefinido naturalmente. Es cierto que la teoría de la función expresiva (desarrollada en el marco de la filosofía del mito) puede interpretarse como una advertencia implícita del sentido que le corresponde asumir al fenómeno y ante la cual no puede renunciar, pero en realidad la justificación de cómo y por qué advertimos el mundo con una cierta orientación interna apela a una serie de argumentos en al menos tres órdenes: la forma del cuerpo humano, la capacidad perceptiva del agente para interpretar los fenómenos y la forma misma de la realidad que se aprehende. No se puede ofrecer una visión extensa de esto, porque además no corresponde a los objetivos del presente artículo; para ello, se pueden tener en cuenta los siguientes pasajes del autor: *FFS* III: 61-75, 76-114, 115-127.

de ellos, sino en la función general mediante la cual se determina el valor que cada uno ocupa en el conjunto que los agrupa.

En resumen, el concepto de imagen simbólica desarrollado por el autor habilita la unificación de una multiplicidad de fenómenos percibidos en torno a una imagen o símbolo. Dicha síntesis permite construir una identidad de relación entre una forma general (en cuanto principio de reunión) y los miembros individuales; a esta operación resultante Cassirer la llama representación porque en el acto de unidad prevalece la forma de relación y no así la garantía de que en dicha síntesis se contengan todos los elementos particulares existentes, sino únicamente su forma simbólica. Con esto logrado, proponemos reflexionar el funcionamiento del Tomógrafo Axial Computarizado (TAC) y cómo se podrían reinterpretar las imágenes que este recurso ofrece en el contexto del diagnóstico médico.

Interpretación de imágenes del Tomógrafo Axial Computarizado

En la presente sección se discuten algunos problemas sobre la epistemología de la representación y las complejidades metodológicas relacionadas con el proceso de construcción de imágenes en el TAC. Se procurará ofrecer un campo de discusión partiendo de la teoría de Cassirer, pero, también aprovechando otras perspectivas que permitan enriquecer dicho punto de vista. El objetivo de esta sección es argumentar que una imagen computarizada, cuya finalidad operativa es la representación anatómica del cuerpo, no requiere la presentación total del objeto que se está escaneando, sino únicamente aquellas secciones corporales relevantes para el desarrollo de un diagnóstico médico.

❖ Las representaciones científicas

J. Bogen y J. Woodward (1988), en su estudio sobre las complejidades acerca de la evaluación de los resultados en las investigaciones científicas, han subrayado que el valor de los datos obtenidos de los estudios emprendidos depende de la posibilidad que ofrecen

para interpretar las condiciones del problema: “argumentamos que se requieren teorías generales en la ciencia para explicar hechos sobre fenómenos en lugar de hechos sobre datos y cuya evaluación sobre la confiabilidad de los datos como evidencia no requiere de una explicación sistemática de los hechos sobre los datos” (335).¹⁰ De este modo, la investigación de los hechos que constituyen una teoría científica no se orienta por la comprensión total de las unidades singulares que dan forma a una explicación sobre un fenómeno estudiado.

I. Hacking (1996) plantea que el ser humano comprende el comportamiento de los fenómenos no por una visualización directa, sino a través de representaciones parciales de su estructura y comportamiento; esto implica, por un lado, una cierta abstracción de la realidad material, aunque, por el otro, requiere una vinculación con el objeto para garantizar una similitud entre lo postulado y lo observado: “una representación hecha por seres humanos puede ser sin reservas similar a lo que pretende representar. Nuestra noción generalizada de similitud es, como nuestra idea de realidad, dependiente de nuestras prácticas de representación” (165).

Por su parte, O. Passon (2019) explica que una imagen realista debe ofrecer los recursos suficientes para apreciar la estructura del fenómeno que se representa; sin embargo, él mismo aclara que la presentación puntual de un objeto, en lugar de atender las características esenciales, es irrelevante para un estudio científico; para el autor, el valor de lo representado no está en ser copia de un objeto, sino en permitir un realismo en su conjunto: “La cuestión no es si la representación es «realista», sino si el sistema representado es «real». Por ende, esta forma mínima de realismo suele presuponerse, a saber, la existencia independiente del sistema destino” (19).¹¹ Con esto, podemos afirmar que la validez del conocimiento no se

10 “[...] we argue that general theories in science are required to explain facts about phenomena rather than facts about data and that the assessment of the reliability of data as evidence does not require systematic explanation of facts about data”.

11 “The question is not whether the representation is «realistic» but whether the system represented is «real». Thus, this minimal form of realism is usually presupposed, namely the independent existence of the target system”.

encuentra en la exposición puntual de todos los elementos singulares que una imagen ofrece, sino en la función que dicha representación cumple en el contexto explicativo de la teoría o, en un segundo caso, en la función instrumental que dicha imagen representativa aporta para la interpretación del objeto.

Finalmente, E. Grosholz (2013) propone que el valor de una representación científica no está en su capacidad isomórfica, sino en lo que ella llama “ambigüedad productiva” (3-60), ya que considera que el valor del conocimiento científico se sustenta de la diversidad de concepciones metodológicas para la resolución de un problema en específico, en lugar de una validación de una teoría como tal.

En general, para estos autores el concepto no funge como copia de la realidad sino como un recurso de relación cognitiva a través del cual se (re)presenta la forma (la naturaleza) del objeto estudiado. Estas mismas ideas las encontramos desarrolladas en la teoría de la representación propuesta por Cassirer:

La función «vale» para los valores individuales justamente porque no «es» un valor individual y, por otra parte, los valores individuales «son» solamente en la medida en que guarden entre sí la relación expresada por medio de la función. Lo singular y discreto existe sólo con respecto a la conexión que tiene con alguna forma de lo universal, ya sea entendida como universalidad del «concepto» o del «objeto». De la misma manera, lo universal sólo puede manifestarse en lo particular, acreditándose y confirmando como orden y regla de lo particular (*FFS* III: 383).

En este marco, la identidad entre el intelecto y la realidad, o en los términos que hasta ahora hemos expuesto, entre la imagen representante y el objeto representado, guardan entre sí una relación de universalidad expresada en la singularidad del suceso puesto en imagen. En la medida en que una representación deja de representar lo individual y específico de un objeto, para, en su lugar, ofrece una imagen de su forma esencial se puede afirmar que se trata de un concepto funcional del fenómeno.

❖ Imágenes tomográficas

Las tomografías computarizadas se entienden en el marco de este principio de la representación de las imágenes como símbolos. En lugar de únicamente ilustrar el contorno de huesos y órganos, un tomógrafo puede formar un modelo tridimensional de alguna parte del cuerpo del paciente; se puede examinar secciones transversales delgadas del cuerpo. Las máquinas de TAC producen rayos X, los cuales son fotones de luz visible, pero con mucha más energía. Esta diferencia energética permite que los rayos X traspasen la mayor parte del material blando del cuerpo humano, logrando como resultado una sombra: se proyecta una «luz» en un lado del cuerpo y una película del otro extremo registra la silueta de los huesos. Las sombras dan una imagen incompleta de la forma de un objeto. Como ejemplo, véase la figura 1 en donde se presenta la iluminación de un mismo objeto, pero desde diferentes ángulos.

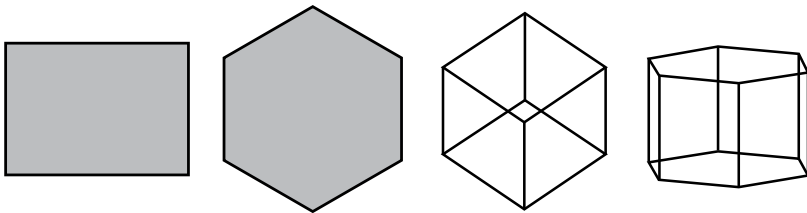


Figura 1

Como se aprecia, las sombras corresponden a objetos diferentes, un cubo o un prisma hexagonal. Lo mismo sucede en una imagen de rayos X convencional, se ven las sombras de los objetos, pero no se puede saber su forma exacta. La idea básica de la tomografía asistida por computadora es lanzar un haz de rayos X alrededor de un paciente desde diferentes ángulos. La computadora almacena la información y forma una imagen tridimensional del cuerpo, presentando tanto la forma del objeto como los datos contenidos en el interior del objeto.

Lo anterior es importante porque, de acuerdo con Legg (2013: 3-4), Barwise y Etchemendy (1996: 3-4) y Shimojina (1996: 27-29) la cuestión de fondo de las representaciones es la habilitación de los

recursos que permiten utilizar gráficos como medio de representación de un fenómeno o problema y los recursos metodológicos que este recurso ofrece para el estudio intelectual del objeto. Así, el científico, aunque prescinda del recurso en su dimensión material, sigue posibilitado para analizar idealmente el modo en que la situación se comportaría en su realidad física. De esto expuesto, surge la pregunta: ¿cómo se determina qué zona corporal es «esencial» y requiere ser graficada por parte del TAC? ¿Qué criterios epistemológicos, además de los físicos ya descritos, se pueden tomar en cuenta para ajustar el proceso de construcción de una imagen?

❖ Representaciones científicas

Si retomamos la teoría de Cassirer (*FFS* III), podemos afirmar que un símbolo es una función de identidad entre el polo intelectual (entendido como el modelo teórico de estudio) y el real (entendido como la realidad material que estudia), con lo cual se puede apuntar que el criterio de construcción del objeto está en el marco general de referencia que justifica la elaboración de una imagen. Si bien el científico no se aproxima al recurso material o fenómeno que estudia, a través de los criterios que éste propone para la representación se posibilita un modo de estudiar al objeto, pero dicha elección no constituye un libre acto de decisión, sino que se enmarca en un contexto intelectual en donde reconocen los aspectos esenciales a ser investigados.

Como se ha argumentado hasta aquí, una representación pictórica encuentra un sentido simbólico únicamente si la imagen obtenida se convierte en un símbolo de lo que representa; para Cassirer, este criterio se cumple si la imagen alcanzada muestra las “condiciones de posibilidad puras para el establecimiento de una «realidad» en cuanto tal” (*FFS* III: 381-382), pero la utilidad de la imagen no proviene de su proximidad con la realidad material que se estudia, sino en la modelación de la cosa y en los recursos que ofrece para estudiar al objeto aun cuando el investigador prescinda de su manipulación material o su representación puntual. Esto se puede aclarar mejor si se retoma el estudio de Ibarra & Mormann (2000) quienes elaboran

el siguiente esquema procesual para mostrar tanto la influencia de la teoría de Hertz como el modelo simbolista del neokantiano:

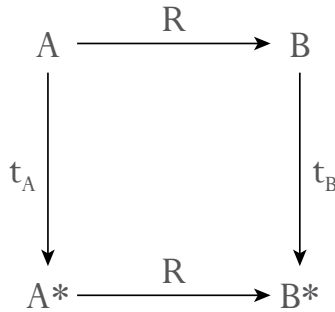


Figura 2

El propio esquema es explicado por los autores del modo siguiente:

La parte izquierda del diagrama $A \rightarrow t_A \rightarrow A^*$ puede interpretarse como un proceso empírico en el que se pasa del estado A al estado A^* a través de t_A . Este paso se representa por un proceso teórico consistente en el paso de B a B^* por t_B , tal que t_B es una relación lógica (o generalizando, matemática) entre B y B^* que corresponde a la relación t_A «naturalmente necesaria», en el sentido que el diagrama conmuta. Es decir, en el sentido de que la transición de A por t_A y R conduce al mismo resultado que la transición de A por R y t_B , esto es, a B^* (Ibarra y Mormann, 2000, 14).

Como se aprecia, la concepción teórica (B) de un suceso empírico (A) y su posterior desarrollo procesual (A^* y B^*) se expresa a través de una relación empírica (t_A) vinculable a través de una correlación lógica (t_B) que hace patente que la intervención, representación pictórica o modelación teórica mantenga un vínculo lógico que permite establecer que la concepción científica de un evento particular encuentra en la representación pictórica (R) el recurso lógico para validar la universalidad del concepto o imagen.¹²

12 Es importante mencionar que Ibarra y Mormann (2005: 145s.) plantean que este esquema puede iterarse de tal modo que las representaciones lógicas no necesaria-

Por su parte, Cassirer explica este mismo esquema hertziano como un proceso de construcción de un concepto científico:

En la mera percepción, a un estado A en un momento A_1 , sigue otro estado B en un momento A_2 . Pero esta sucesión, por más que se repita, no llevaría a la idea de que A es la «causa» de B ; el *post hoc* nunca llegaría a ser un *propter hoc* a menos que intervenga un nuevo concepto mediador. Del estado global A , el pensamiento extrae un determinado factor α que enlaza con un factor β en B . Y el hecho de que α y β se encuentren en una relación «necesaria», en una relación de «causa» a «efecto», de «condicionante» a «condicionado». No es algo sólo extraído pasivamente de una percepción dada o de una pluralidad de percepciones, sino que tiene que demostrarse *creando* la condición α e investigando luego el efecto que trae aparejado (*FFS* II: 70).

Aquí, el autor resalta el carácter relacional del proceso perceptivo aduciendo que, si bien la actividad aprehensiva es común a diversas formas epistemológicas culturales (v. gr., mito, lenguaje, arte), la característica de la percepción científica proviene de la «creación» de condiciones mediante las cuales sea posible validar las causas que originan el comportamiento del fenómeno. En ese sentido, el interés de las imágenes científicas no es mostrar la realidad en cuanto tal, ni tampoco hilvanar posibilidades causales entre fenómenos, sino comprender los fenómenos percibidos a partir de un sistema explicativo que permita dar coherencia a los fenómenos captados. Si retomamos nuevamente el funcionamiento operativo de los TAC se podrá apreciar mejor estas cuestiones previamente explicitadas.

mente deben concatenar con un suceso empírico (A) sino que pueden iterar con otro evento conceptual previamente validado (B), de tal modo que, por ejemplo, un nuevo concepto C se sustentaría lógicamente del evento empírico de A sin recurrir a la realidad misma, ya que encuentra sustento en B , de tal modo que pueden realizarse tantas integraciones conceptuales como sean posibles.

❖ Representaciones tomográficas

El TAC trabaja lanzando rayos X a una porción del cuerpo y tienen un receptor que recibe los rayos después de atravesar la porción. En función de las densidades de la parte del cuerpo que atravesase el rayo, éste se descompone y es lo que el receptor obtiene para crear las imágenes del objeto. Los elementos involucrados en el proceso anterior pueden ser interpretados como entes matemáticos de la siguiente forma: cada rayo es una recta L , la porción del cuerpo es un conjunto en el plano E ; cada punto (x, y) en E tiene una densidad $F(x, y)$, y lo que obtiene el receptor es un número real r . Por lo anterior, el proceso se puede pensar como una transformación T cuyo dominio son rectas que, al aplicarlas a F sobre E , da por resultado r :

$$T(F_E(L)) = r.$$

Si se traza un segmento perpendicular a L y la longitud de este segmento es p y subtiende un ángulo θ con la dirección positiva del eje X , la ecuación de L queda determinada por $x \cos(\theta) + y \sin(\theta) = p$. Por lo anterior las rectas están biunívocamente relacionadas con parejas (p, θ) . Es decir, por cada pareja (p, θ) hay una sola recta, y por cada recta hay una única pareja (p, θ) . Por lo anterior, en lugar de pensar en toda una recta L se puede pensar en una pareja (p, θ) :

$$T(F_E(p, \theta)) = r.$$

Esto se aplica a tantos puntos como puntos tenga la recta, por lo cual, en lugar de ser una suma finita, la proyección se convierte en una integral. A la expresión anterior se le llama *Transformada de Radon*, en honor a Johann Karl Radon, matemático austriaco (1887-1956).

Esta transformada, que se simboliza como R siempre y cuando la integral de línea exista para cualquier recta L cuya ecuación sea $x \cos(\theta) + y \sin(\theta) = p$. Para las tomografías, f es una función que da información de cada punto (x, y) del cuerpo en estudio. El resultado de la *Transformada de Radon* se puede ver en la siguiente figura 3:

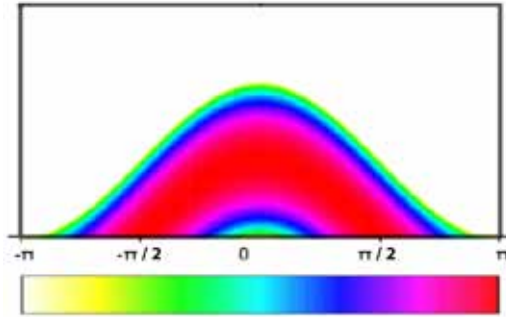


Figura 3

Esta figura se llama sinograma. Este es graficado en los ejes θ y p . Dependiendo del valor de la *Transformada de Radon* para la recta $x \cos(\theta) + y \sin(\theta) = p$ es el color que se le asigna al punto (θ, p) . La escala de colores se puede ver en la misma figura. El blanco representa 0, es decir que la recta no toca al círculo o es tangente al círculo. El máximo valor que se puede obtener es 2 y está representado con el rojo. Para poder obtener la imagen del cuerpo estudiado se tiene que partir del sinograma, es decir, se tiene que obtener la función $f(x, y)$ que nos da la información de cada punto (x, y) del cuerpo. Para ello se recurre a la igualdad:

$$\mathcal{F}_2^{-1}\{\mathcal{F}_1\{\mathcal{R}_\theta\{f(p, \theta)\}\}\} = f(x, y).$$

Donde \mathcal{F} es la *Transformada de Fourier*.

Con este contexto, el modelo matemático pasa a ser continuo, lo que presupone que la construcción de una imagen en el TAC no está condicionada por la suma finita. Lo que viene a continuación es un proceso de integración matemática continua de los haces de luces y de esta manera se obtiene información de cada punto (x, y) del cuerpo que se busca representar, ello implicaría una imagen más detallada. También hay que tomar en cuenta que este modelo matemático continuo podría dar imágenes médicas con detalles que al momento se desconoce si médicamente sean relevantes. Las cuestiones a resolver

serían: ¿basta con que la imagen represente gran cantidad de detalles para que la interpretación necesariamente sea más realista? ¿El valor de la interpretación descansa, por tanto, en la mayor cantidad de referentes pictóricos captados en una imagen tomográfica?

Para B. van Fraassen (1996) la captación de un fenómeno, sin importar el nivel de detalle, tiene sentido únicamente cuando “se exhiben como fragmentos de una unidad más grande” (80). Con ello, el autor plantea que es a partir de la teoría científica como se puede otorgar un sentido más amplio al valor de los fenómenos percibidos; para él, la diferencia entre la observación simple de una realidad y su observación científica está precisamente en las posibilidades de generalización que se pueden derivar, no de la realidad material, sino de las conjeturas teóricas desde las que se interpreta un fenómeno. A partir de esto, él mismo plantea que una teoría científica cumple con al menos dos tareas: “[en primer lugar,] especificar una familia de estructuras, sus *modelos*; y, en segundo lugar, especificar ciertas partes de esos modelos (las *subestructuras empíricas*) como candidatos para la representación directa de los fenómenos observables” (89). Lo relevante de esta cuestión es que a pesar de que a través del TAC se pueda obtener la función $f(x, y)$ que nos da la información de cada punto (x, y) del cuerpo, el valor de la interpretación está en el modelo y las posibilidades representativas de los fenómenos obtenidos por medio del escáner.

Al considerar, por tanto, que el valor de una imagen no se encuentra en la descripción puntual de todos los detalles que constituyen un cuerpo y que su valor simbólico reside en las posibilidades interpretativas que ofrece, se han estudiado algunas propuestas alternativas para el proceso de representación, cuyo proceso de medición permita construir recursos gráficos sustentados en la modelación de los factores esenciales del objeto en lugar de su copia. Si se considera que el mejor algoritmo conocido al momento (desarrollado por D. Coppersmith y Sh. Winograd) tiene una complejidad de $n^{2.376}$, al incorporarlo en la programación del TAC solo hace que éste se torne más lento y su desempeño se vea mermado por la gran cantidad de datos que debe procesar; en cambio, cuando en su lugar se procesa la información a través del *efecto Doppler*, cuyo sentido no es la

reconstrucción puntual de todos los datos sino del vector del fluido, entonces la reconstrucción de una imagen prescinde de la representación sustancial del cuerpo para aprovechar una visión funcional, sin por ello perder el objetivo último del estudio que es la representación. A continuación, se desarrollan con más detalle estas ideas.

El *efecto Doppler* se puede usar para medir velocidades, aunque por lo regular suele aplicarse para medir la velocidad de los autos usando una pistola radar. Si un cuerpo tiene un líquido en movimiento, entonces el *efecto Doppler* puede ser utilizado para medir la velocidad de este líquido. Si la intención es evaluar la velocidad del fluido en un punto determinado se puede transmitir un rayo bien enfocado. Cuando este haz se encuentra con un obstáculo parte de su intensidad se refleja y el resto se transmite. La última parte se dividirá en partes reflejadas y transmitidas cuando se tope con nuevos obstáculos y así sucesivamente. Teniendo en cuenta el tiempo que tarda una parte determinada de la señal en regresar al transmisor o al receptor, es posible calcular la distancia que recorrió antes de reflejarse. Por lo tanto, midiendo cómo el *efecto Doppler* cambia, es posible dar la velocidad de los diversos objetos «iluminados» por el rayo.

Para medir la velocidad de un fluido es necesario que éste tenga algunas partículas que reflejen el rayo. En el cuerpo humano, la composición de la sangre —debido a que contiene numerosos glóbulos rojos— es posible usar el *efecto Doppler* para determinar el modo en que se comportan (Juhlin, 1992). Cada punto (x, y) en un fluido tiene cierto movimiento $f(x, y)$; de este modo, $f(x, y)$ proporciona su velocidad en el punto (x, y) . Hay que recordar que la velocidad es un vector, es decir, tiene sentido y magnitud. A este tipo de funciones a las cuales a cada punto se le asigna un vector se les llama campos vectoriales. Mientras que para la *Transformada de Radon* un punto del cuerpo contribuye de igual forma para todos los rayos (rectas) que pasan por él, para campos vectoriales es más complicado ya que su contribución en el campo depende de la dirección de rayo (vector). Lo anterior lleva al problema de reconstruir un campo vectorial F conociendo sus integrales de línea:

$$R(F, L) = \int_L F \cdot ds$$

La anterior es una generalización de la clásica *Transformada de Radon* a campos vectoriales. En este caso, se sabe que la reconstrucción total del campo no es posible sin conocer algunos datos adicionales del campo (Sparr *et al.*, 1995). De acuerdo con Roatta y Welti (2009), para “explicar un fenómeno físico es conveniente utilizar múltiples representaciones” (6-7), lo cual permite justificar que el valor de la modelación no se encuentre en el realismo de la imagen lograda, sino en los recursos que se ofrece para la interpretación de una representación. En este sentido, buena parte de los resultados descansan en la unidad armónica entre la interpretación realizada por el especialista y la calidad de la imagen construida a través del TAC.

❖ Representaciones simbólicas

Con esto, retomamos la teoría de Cassirer (*FFS III*), para quien la relación funcional de la ciencia no se interesa únicamente por las condiciones de expresión, ni por las posibilidades sustitutivas del objeto, sino que se constituye por la concatenación de los sentidos lógicos que establecen una relación entre un suceso empírico (A) y su modelación conceptual (B, C, D...). Al conjunto de estas relaciones (funciones) que se establecen entre una realidad y su modelo, el neokantiano le llamará «función de representación» (*FFS III*: 131-142), cuya característica no es sólo la presentación infinita de las características singulares de un objeto, sino su «relación simbólica»: “El objeto no se encuentra ni afuera ni adentro, ni allende ni aquende, puesto que la relación hacia él no es óntico-real sino una relación simbólica” (*FFS III*: 371). Por ello, el verdadero sentido de la imagen no se encuentra en la simetría entre la concepción teórica y la descripción detallada de los recursos que constituyen al objeto, sino en los principios generales que permiten tanto interpretar como evaluar el proceso de construcción de imágenes utilizado a lo largo de la modelación de la realidad.

Se aprecia con esto, que el valor de un dato individual no está constituido por el contenido que por sí sólo ofrezca, sino por la relación que guarda con un sentido general. Lo mismo aplica para una

imagen o cualquier otro dato: su contenido está en función de la posición que ocupa dentro de un sistema. Es por ello que la aproximación a una imagen nunca puede entenderse en su pura expresividad, en su puro valor pictórico, sino en el sentido que manifiesta que puede otorgarle un agente como parte de un todo.

Conclusiones

A lo largo del trabajo se ha propuesto que las imágenes o símbolos representativos tienen como objetivo la configuración de una identidad entre la concepción intelectual (imagen) y la realidad estudiada (objeto). Si bien la construcción de una imagen del objeto tiene algún valor en la medida en que otorga una presentación detallada de la realidad que se estudia, el criterio con el cual se evalúa la representación dependerá de las posibilidades para identificar la naturaleza del fenómeno estudiado con algún modelo teórico que posibilite su interpretación.

Para justificar lo anterior, se estudió la teoría de Cassirer para argumentar que el objetivo de las representaciones es la constitución de una relación funcional entre la cosa y su concepción, de tal forma que la validez del vínculo entre la realidad y su modelación teórica se caracteriza por operar como red de relaciones representativas. La finalidad de la imagen es la abstracción de los elementos particulares de una realidad cualquiera, en atención a un criterio universal que ordene la selección de una finitud calculada de elementos materiales como unidades significativas o representaciones válidas de la cosa.

Aunada a la teoría de la representación del filósofo neokantiano se hizo notar que, si bien las imágenes homológicas se caracterizan por su abstracción, el principal criterio para discriminar los objetos representados está en la regla general que se quiere satisfacer. En ese sentido, las imágenes representativas se vinculan con el marco conceptual que anima la investigación antes que con la realidad representada como tal. Sin embargo, ello no implica que la necesaria separación de la imagen representante y el objeto representado carezcan de relación de identidad, sino que ha de existir entre ellos

algún tipo de unidad conceptual que permita establecer que entre ambos aspectos opera una expresión común.

Como ejemplo de esto, se estudió el funcionamiento del Tomógrafo Axial Computarizado, el cual, a través de la emisión de miles de rayos X en diferentes direcciones de una «rebanada» del cuerpo, presenta una imagen de dichas emisiones como sombras. Las radiaciones iluminan como una «luz» en un lado del cuerpo mientras que una película del otro lado registra la silueta de los huesos, con lo cual se logra una imagen del cuerpo. El problema de este procedimiento es que a pesar de que existen métodos con los cuales cuantificar la intensidad de los rayos retransmitidos a una computadora, para con ello medir la densidad de cada pixel para reconstruir en tonos de grises, el resultado del sistema no puede ofrecer una solución exacta de las densidades de todos los pixeles que se emiten. Algunos métodos utilizados para medir la velocidad de los objetos «iluminados» por los rayos X se han basado en la teoría del *efecto Doppler* logrando resultados en el proceso de medición; en el caso del cuerpo humano, el fluido es la sangre la que contiene numerosos glóbulos rojos, los cuales son considerados como un punto (x, y) en movimiento $f(x, y)$ con lo cual se obtiene su velocidad. De este modo, en lugar de centrar el interés en la construcción de una imagen detallada de todo el cuerpo, la atención se centra a un cierto campo específico, cuyo valor reside en la posibilidad de representar una zona particular elegida. El principal avance logrado con este ejemplo remite nuevamente a la propuesta de Cassirer sobre el valor de la *función* frente al estudio *sustancial* de los fenómenos.

Finalmente, advertimos que las reflexiones aquí propuestas se centraron únicamente en los criterios que se deben tomar en cuenta para la construcción de una imagen representativa del cuerpo, sin por ello exponer cuáles serían los mejores procedimientos metodológicos para lograrlo, o bajo qué contexto se podrían interpretar estos resultados. Aunque a lo largo del texto insistimos en la importancia de la unidad armónica de todos los componentes, reconocemos que únicamente hemos estudiado el primero de ellos. Sin embargo, considerábamos necesario iniciar con las reflexiones filosóficas de los recursos epistemológicos que garantizaban que una imagen fuese

representativa anatómicamente para con ello continuar con el estudio de los procedimientos mecánicos e instrumentales, así como del marco interpretativo a tomar en cuenta al momento de diagnosticar una imagen tomográfica. Pero estas últimas cuestiones quedan para posteriores trabajos.

Referencias

- Anton, H. & Rorres, Ch. (2011). *Elementary Linear Algebra with Supplemental Applications*. New York: John Wiley & Sons.
- Balázs, P., Balogh, E. & Kuba, A. (2005). "A Fast Algorithm for Reconstruction of 8-connected but not 4-connected hv-convex Discrete Sets". In *Discrete Geometry for Computer Imagery*, vol. 147, nn. 2-3, pp. 388-397. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39966-7_37
- Barcucci, E., del Lungo, A., Nivat, M., & Pinzani, R. 1996. "Reconstructing Convex Polyominoes from Horizontal and Vertical Projections". In *Theoretical Computer Science*, vol. 155, n. 2, pp. 321-347, https://doi.org/10.1007/3-540-62005-2_25
- Barwise, J. & Etchemendy, J. (1996). "Visual Information and Valid Reasoning". In G. Allwein & J. Barwise (eds.), *Logical Reasoning with Diagrams*. Oxford: Oxford University Press, pp. 3-26. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195104271.003.0005>
- Batenburg, K. & Kusters, W. (2009). "Solving Nonograms by Combining Relaxations". In *Pattern Recognition*, vol. 42, n. 8, pp. 1672-1683. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2008.12.003>
- Bogen, J. & Woodward, J. (1988). "Saving the Phenomena". In *The philosophical Review*, vol. 42, n. 3, pp. 303-352. <https://doi.org/10.2307/2185445>
- Cassirer, E. (1953). *Substance and Function. Einstein's Theory of Relativity*. Chicago: Dover Publications.
- (1975). "De la lógica del concepto de símbolo". En *Esencia y efecto del concepto de símbolo*. Traducción de C. Gerhard. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 187-214.
- (1998a). *Filosofía de las formas simbólicas*. Volumen I: *El lenguaje*. Traducción de Eduardo Morones. México: Fondo de Cultura Económica.
- (1998b). *Filosofía de las formas simbólicas*. Volumen II: *El pensamiento mítico*. Traducción de E. Morones. México: Fondo de Cultura Económica.

- (1998c). *Filosofía de las formas simbólicas*. Volumen III: *Fenomenología del conocimiento*. Traducción de E. Morones. México: Fondo de Cultura Económica.
- (1998d). *El problema del conocimiento en la Filosofía y las Ciencias modernas*. Volumen IV: *De la muerte de Hegel a nuestros días [1832-1932]*. Traducción de W. Roces. México: Fondo de Cultura Económica.
- Esparza, G. (2019). "El conocimiento relacional del singular en Ernst Cassirer". En *Revista Pensamiento*, vol. 75, n. 287, pp. 1491-1509. <https://doi.org/10.14422/pen.v75.i287.y2019.006>
- Ferrari, M. (2015). "Cassirer and the Philosophy of Science". In N. De Warren & A. Staiti (eds.), *New approaches to Neo-Kantianism*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 261-284. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139506717.014>
- Fraasen, B. C. van. (1996). *La imagen científica*. Traducción de S. Martínez. México: Paidós/UNAM.
- Grosholz, E. (2013). *Representation and Productive Ambiguity in Mathematics and Sciences*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.5860/choice.45-4436>
- Hacking, I. (1996). *Representar e Intervenir*. Traducción de S. Martínez. México: Paidós/UNAM.
- Hamburg, C. (1949). "Cassirer's Conception of Philosophy". In P. Schilpp, (ed.), *The Library of Living Philosophers: The philosophy of Ernst Cassirer*. Evanston: The Library of Living Philosophers, pp. 73-120.
- Hansson, J. & Nordin, S. (2006). "Konrad Marc-Wogau and the Logic of Symbolic Forms". In *Ernst Cassirer: The Swedish Years*. Brn: Peter Lang, pp. 121-134.
- Helmholtz, H. (2015). "On the Origin and Significance of Geometrical Axioms (1876)". In S. Luft (ed.), *The Neokantian Reader*. Traducción de E. Atkinson. London/New York: Routledge, pp. 12-26. <https://doi.org/10.1037/12825-002>
- Hertz, H. (1889). *The Principles of Mechanics, Presented in a New Form*. Traducido al inglés por D. E. Jones. London/New York: MacMillan [(1894). *Die Prinzipien der Mechanik*. In *Gesammelte Werke*, Bd. III. Leipzig: Arthur Meiner].
- Ibarra, A. & Mormann, Th. (2000). "Una teoría combinatoria de las representaciones científicas". En *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. 32, n. 95, pp. 3-46. <https://doi.org/10.22201/iifs.18704905e.2000.874>
- Juhlin, P. (1992). *Principles of Doppler Tomography*. Sweden: Lund Institute of Technology.
- Kuba, A. (1984). "The Reconstruction of Two-Directionally Connected Binary Patterns from their Two Orthogonal Projections". In *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 27, pp. 249-265. [https://doi.org/10.1016/0734-189x\(83\)90048-8](https://doi.org/10.1016/0734-189x(83)90048-8)

- Legg, C. (2013). "What is a Logical Diagram?". In A. Moktefi & S. Shin (eds.), *Visual Reasoning with Diagrams*. Basel/New York: Birkhäuser, pp. 1-18.
- NIBIB. (2022). "Tomografía Computarizada—National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering"; <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomograf%C3%ADa-computarizada-tc>. Consultado el 25/07/2022.
- Marc-Wogau, K. (1936). "Der Symbolbegriff in der Philosophie Ernst Cassirers". In *Theoria*, vol. 3 (3), pp. 279-332. <https://doi.org/10.1111/j.1755-2567.1936.tb00827.x>
- Mormann, Th. (2008). "The Debate of *Begriffstheorie* Between Cassirer, Marc-Wogau and Schlick". In J. Mannien & F. Stadler (eds.), *The Vienna Circle in the Nordic Countries: Networks and Transformations of Logical Empiricism*, Dordrecht: Springer, pp. 167-180. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3683-4_10
- Passon, O. (2019). "On the Interpretation of Feynman Diagrams, or, did the LHC Experiments Observe $H \rightarrow \gamma \gamma$ ". In *European Journal for Philosophy of Science*, vol. 9, pp. 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13194-018-0245-1>.
- Roatta, A.; and Welti, R. (2009). "Efecto Doppler para pulsos y su representación en el plano (x, t)". En *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 31, n. 1, pp. 1-7, <https://doi.org/10.1590/s1806-11172009000100004>
- Shimajima, A. (1996). "Operational Constrains in Diagrammatic Reasoning". In G. Allwein & J. Barwise (eds.), *Logical Reasoning with Diagrams*, Oxford: Oxford University Press, 27-48. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195104271.003.0006>
- Sparr, G., Strahlen, K., Lindstrom, K. & Persson, H. (1995). "Doppler Tomography for Vector Fields". In *Inverse Problems*, vol. 11, pp. 1051-1061. <https://doi.org/10.1088/0266-5611/11/5/009>
- Woeginger, G. (2001). "The Reconstruction of Polyominoes from their Orthogonal Projections". In *Information Processing Letters*, vol. 77, pp. 225-229. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2005.08.023>