

C. S. Peirce y el problema de la aplicabilidad de la matemática

Javier Legris *
Universidad de Buenos Aires
CONICET
javierlegris@gmail.com

La aplicación de la matemática a la realidad empírica es un antiguo problema filosófico que puede rastrearse hasta Platón (véase, *inter alia*, (Steiner 2005)). En tiempos modernos, está ligado con el modelado matemático de fenómenos empíricos en las ciencias fácticas. En un artículo ampliamente citado, publicado en 1960, Eugene Wigner describió la precisa y exitosa aplicación de la matemática en la física como un “milagro” y un “regalo maravilloso”, refiriéndose a la “irrazonable eficacia (*effectiveness*) de la matemática” (Wigner 1960). Wigner añadía además que “la enorme utilidad de la matemática en las ciencias naturales es algo que roza lo misterioso y para lo cual no hay una explicación racional” (Wigner 1960, 2).

Desde entonces, se hace referencia al *Problema de la Aplicabilidad* de la matemática. Este problema ha sido analizado desde diferentes perspectivas —ontológica, epistemológica, lingüística— y se lo ha vinculado con distintas situaciones, que van desde la aritmética escolar hasta el modelado matemático de las teorías científicas (véase *v. g.* (Pincock 2025)). Por supuesto, también existen múltiples marcos conceptuales desde los cuales se ha abordado el problema. Asimismo, debe tomarse en cuenta la existencia de aplicaciones “fallidas”.

En lo que sigue presento un breve examen de este *problema de la aplicabilidad* desde la perspectiva de la concepción pragmatista de la matemática de Charles S. Peirce, que incluye de manera prominente su teoría de los signos. En particular, su clasificación de los signos en íconos, índices y símbolos tiene un papel decisivo en la distinción entre matemática pura y aplicada. Otro aspecto a tener en cuenta es su idea de una *unidad metodológica* del pensamiento científico. Aunque el pensamiento de Peirce es ampliamente reconocido como idiosincrático y complejo,

*Corresponding author.

sostengo que una interpretación sensata y fructífera es posible —sin necesidad de una incursión extensa en sus supuestos metafísicos más profundos.

Comprender los fuertes vínculos entre la ciencia empírica y la matemática —ya sea que las matemáticas se vean como el “lenguaje” de la ciencia, o por el éxito del modelado matemático en la ciencia empírica, etc.— es una tarea crucial para el problema de la aplicabilidad. Sin embargo, esta tarea presupone una clara distinción entre la matemática pura y la aplicada. Una vez establecida esta distinción, debe explicarse cómo las proposiciones con “contenido matemático” pueden transformarse en proposiciones sobre la realidad fáctica, es decir, aquellas con contenido empírico.

Prima facie, existen *dos* enfoques principales para esta explicación, que al menos sirven para iniciar una discusión fructífera (Pincock 2025). El *primero* postula que los principios matemáticos se refieren a un dominio exclusivamente matemático. Sin embargo, en una segunda etapa, estos principios se introducen en teorías empíricas mediante proposiciones que vinculan el dominio matemático con los dominios no matemáticos de las teorías. Esta estrategia puede llamarse el “enfoque de dos etapas”, ejemplificado por la concepción de la matemática (específicamente la aritmética) de Gottlob Frege.

El *segundo* enfoque supone que los conceptos matemáticos son inherentemente aplicables a cualquier entidad dentro del dominio de aplicación. Esta estrategia puede llamarse el “enfoque de una sola etapa”, que implica un mapeo directo desde la teoría matemática al dominio de la teoría empírica. Esta estrategia se encuentra típicamente en las concepciones estructuralistas de la matemática (tomando “estructuralismo” en un sentido muy amplio del término).

Peirce dedicó toda su vida al estudio del razonamiento científico y del método científico. Estaba sólidamente formado en matemática (influido por su padre, Benjamin Peirce (1809-1880), profesor de matemática en Harvard), se graduó en química en Harvard y trabajó en geodesia y astronomía. Sus escritos abarcan una amplia variedad de disciplinas álgebra, lógica matemática, física, geodesia, espectroscopía y astronomía, psicología, antropología, historia y economía. Teniendo en cuenta este trasfondo, no sorprende que la aplicación de la matemática fuera considerada por él como una cuestión central tanto desde un punto de vista metodológico como filosófico. Peirce escribió:

“[...] la matemática se inmiscuye en todas las demás ciencias sin excepción. No hay ciencia alguna a la que no esté ligada una aplicación de la matemática. Esto no es cierto de ninguna otra ciencia, ya que la matemática pura no tiene, como parte de ella, aplicación de ninguna otra ciencia, puesto que toda otra ciencia se limita a descubrir lo que es positivamente verdadero, ya sea como hecho individual, como clase, o como ley; mientras que la matemática pura no tienen interés alguno en si una proposición es existencialmente verdadera o no.” (Peirce 1931--1958, CP 1.245)

Dada su formación y sus intereses intelectuales, Peirce reflexionó sobre la naturaleza de la matemática durante toda su vida, como lo evidencian tanto sus

obras publicadas como las inéditas. En los últimos años del siglo XIX y hasta su muerte, desarrolló una concepción idiosincrática de la metodología matemática basada en su teoría de los signos, su noción amplia de razonamiento y su filosofía pragmatista. Esta concepción fue en gran medida independiente de los problemas fundacionales discutidos en la misma época y resiste una categorización sencilla. El hecho es que se origina en un enfoque personal, original e innovador que cambia el eje en el tratamiento de los problemas ontológicos y epistemológicos tradicionales en la filosofía de la matemática, y toma en consideración la práctica matemática.

Para decirlo en forma resumida, Peirce analizó (a) la naturaleza del *conocimiento* matemático, (b) la *relación* del conocimiento con el conocimiento empírico, y (c) la *aplicación* de la matemática a las ciencias empíricas. A medida que su obra póstuma se ha venido publicando, estos análisis han recibido una mayor atención, siendo intensamente discutidos en la actualidad.

Una característica definitoria de esta concepción radica en su trasfondo semiótico. Peirce caracterizó un signo como “algo que representa algo para alguien en algún aspecto o capacidad.” (Peirce 1931–1958, CP 2.228). Según esta definición, un signo es siempre el resultado de un proceso de semiosis. Peirce dedicó toda su vida a desarrollar una “semeiótica” (como él denominaba a su teoría de los signos), que fue probablemente su principal empresa intelectual y desempeñó un papel fundamental en su análisis del conocimiento científico en general. Esta teoría evolucionó en diferentes etapas, volviéndose cada vez más compleja con el tiempo, y nunca alcanzó una forma definitiva. Sin embargo, el carácter innovador y fecundo de sus contribuciones al estudio de los signos es indudable. Entre las diferentes clasificaciones de signos que incluye, una se destaca como particularmente importante: la conocida tríada de *ícono*, *índice* y *símbolo*, basada en el modo como los signos se refieren a sus designados. Peirce la describió como “[l]a más fundamental” (Peirce 1931–1958, CP 2.275), y desempeñó un papel central en esta investigación (ver, entre otros, (Peirce 1931–1958, CP 3.359)).

Según la concepción de Peirce, la matemática, en general, posee dos características principales: es (a) *diagramática*, sus signos esenciales son íconos, y (b) es *hipotética*, toda afirmación matemática tiene el carácter de una hipótesis que no está libre de una refutación. Basándose en su teoría semiótica, Peirce sostuvo insistentemente que la matemática surge del “pensamiento diagramático o icónico” (Peirce 1931–1958, CP 3.429). Una clave para entender esta posición es que un ícono es aquel signo “del cual puede derivarse información” (Peirce 1931–1958, CP 2.309). Así, en el contexto de la práctica matemática, se construyen sistemas de signos y las transformaciones de estos signos son cabalmente informativas, pero en un sentido muy particular, pues no hay necesidad de preocuparse de sus designados. Alrededor de 1895, Peirce escribió:

“[u]na propiedad distintiva del ícono es que mediante la observación directa de éste pueden descubrirse otras verdades sobre su objeto, distintas de aquellas que bastan para determinar su construcción.”
(Peirce 1931–1958, CP 2.279)

Estas operaciones con signos icónicos realizadas con *independencia* de la consideración de sus designados explican la “necesidad” y el carácter “formal” del

conocimiento matemático (véase (Legris 2012)). Obviamente, la manipulación de signos se da en cualquier disciplina científica, pero lo que caracteriza a la matemática es que esta manipulación de signos es, en definitiva, el *único* procedimiento mediante el cual esta obtiene sus resultados. Ciertamente, esta “manipulación” de los signos con el fin de obtener información se despliega en una gran cantidad de métodos de diferentes niveles de complejidad, que no corresponde aquí detallar. En todo caso, para Peirce, esta manipulación incluye hacer “experimentos” con los signos partiendo de hipótesis.

La matemática es, entonces, esencialmente icónica: hacer matemática es experimentar y observar signos diagramáticos. En la época en que Peirce escribe, un caso donde estas actividades se hacían evidentes era el álgebra. En su célebre artículo sobre el álgebra de la lógica de 1885, Peirce argumentó:

“En cuanto al álgebra, la idea misma del arte es que presenta fórmulas que pueden ser manipuladas, y que al observar los efectos de tal manipulación encontramos propiedades que no pueden ser discernidas de otro modo. En dicha manipulación, nos guiamos por descubrimientos previos que están incorporados en fórmulas generales. Estas son patrones que tenemos derecho a imitar en nuestro procedimiento, y son los íconos por excelencia del álgebra.” (Peirce 1931–1958, CP 3.363)

Sin pretender entrar en polémica, el modelado matemático de problemas empíricos se considera desde hace mucho tiempo una parte indispensable de la metodología científica. En este contexto, *los signos indexicales también son indispensables*. Prima facie, los *índices* son los signos cuya función *esencial* es indicar o apuntar a entidades, que son sus designados. Los índices “se refieren a individuos, unidades singulares, colecciones únicas de unidades, o continuos singulares” y “dirigen la atención hacia sus objetos por compulsión ciega” (Peirce 1931–1958, CP 2.305). En el caso de la matemática, los índices permiten establecer una conexión entre los íconos matemáticos y otras entidades. Por lo tanto, deberían ser indispensables para la aplicabilidad de la matemática al ámbito empírico (ver (Peirce 1931–1958, CP 2.305)). Así, toda notación matemática es inherentemente *híbrida*: comprende tanto signos icónicos como indexicales.

Sin embargo, en el caso del pensamiento matemático “puro”, los índices designan “las imágenes en la mente que las palabras previas han creado”, resultando en “una forma degenerada de observación” (loc. cit.). Estos “índices degenerados” (según la expresión de Peirce) designan un elemento interno que actúa sobre el matemático.

Por consiguiente, los índices tienen *un modo doble de designación*. En la matemática pura encontramos índices “degenerados”, mientras que en la matemática aplicada tenemos, por el contrario, índices “genuinos” que designan objetos o nociones reales. En este último caso, tales índices son indispensables para asegurar la precisión en la aplicación de una teoría matemática a un dominio real y externo. Esta distinción en la forma de designación de los índices matemáticos sienta las bases para la distinción entre matemáticas puras y aplicada.

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, la concepción de la matemática aplicada defendida por Peirce se alinearía con el *segundo* enfoque mencionado

previamente —es decir, el “enfoque de una sola etapa”. Como tal, puede asociarse fácilmente con la visión estructuralista de la matemática, como ha sugerido recientemente Jessica Carter (ver (Carter 2020)). Sin embargo, la naturaleza elusiva y ambigua de la designación de los índices degenerados introduce dificultades conceptuales que merecen un examen más profundo.

No obstante, tal distinción entre índices genuinos y degenerados puede parecer excesivamente simplista, y hay aspectos adicionales de la concepción de la matemática sostenida por Peirce a tomar en cuenta. Como se mencionó anteriormente, Peirce consideraba a la matemática como hipotéticas:

“La matemática es el estudio de lo que es verdadero en estados hipotéticos de cosas. Esa es su esencia y definición.” (Peirce 1931--1958, CP 4.233)

Además, la matemática “formula y estudia las consecuencias de hipótesis, sin preocuparse de si hay algo en la naturaleza que sea análogo a sus hipótesis o no” (Peirce 1976, NEM IV, p. 228). Según Peirce, una hipótesis es “una proposición imaginada como estrictamente verdadera respecto de un estado ideal de cosas”. (Peirce 1931--1958, CP 3.558)

Asimismo, otro principio central de la filosofía de la ciencia de Peirce es su “falibilismo”. Para Peirce, la investigación humana es tal que “... las personas no pueden alcanzar certeza absoluta sobre cuestiones de hecho” (Peirce 1931--1958, CP 1.149). Peirce extendió explícitamente su falibilismo a la propia matemática. Alrededor de 1902, escribió: “El razonamiento matemático [...] es falible, como todo lo humano es falible.” (Peirce 1931--1958, CP 2.192)

Peirce abogaba por la *unidad metodológica* de la ciencia, incluyendo la matemática; al afirmar que todas las ciencias siguen el método científico, el cual consiste en acciones tales como observar, formular hipótesis, experimentar y considerar las consecuencias lógicas de las hipótesis. Esta unidad metodológica introduce una complejidad adicional a la idea de una designación “doble” de los índices matemáticos. En cualquier caso, la naturaleza y función de estas “imágenes en la mente” en la matemática requieren un análisis más profundo —particularmente a la luz de la idea de *abstracción* de Peirce (algunas ideas recientes pueden encontrarse en (Pietarinen 2021)). Esta exploración es esencial para abordar el “problema de aplicabilidad” de la matemática, y sirve para evaluar el potencial del marco semiótico de Peirce como una herramienta valiosa para la filosofía de la matemática.

Bibliografía

- Carter, Jessica. 2020. «Logic of Relations and Diagrammatic Reasoning: Structuralist Elements in the Work of Charles Sanders Peirce». En *The Prehistory of Mathematical Structuralism*, editado por Erich H. Reck y Georg Schiemer, 241-72. Oxford: Oxford University Press.
- Legrís, Javier. 2012. «Nota sobre el concepto de demostración en C. S. Peirce». *Notae Philosophicae Scientiae Formalis* I (2): 124-34.

- Peirce, Charles S. 1931--1958. *Collected Papers*. Editado por C. Hartshorne, P. Weiss, y A. W. Burks. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- . 1976. *New Elements of Mathematics*. Editado por C. Eisele. The Hague: Mouton.
- Pietarinen, A.-V. 2021. «Pragmatism as a Philosophy of Cognitive Mathematics». En *Handbook of Cognitive Mathematics*, editado por M. Danesi. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7_22-1.
- Pincock, Christopher. 2025. «The Applicability of Mathematics». The Internet Encyclopedia of Philosophy. 2025. <https://iep.utm.edu/>.
- Steiner, Mark. 2005. «Mathematics – Application and Applicability». En *The Oxford Handbook of Philosophy of Mathematics and Logic*, editado por S. Shapiro, 625-50. Oxford: Oxford University Press.
- Wigner, Eugene P. 1960. «The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences». *Communications on Pure and Applied Mathematics* 13 (1): 1-14. <https://doi.org/10.1002/cpa.3160130102>.