

Leibniz y la aplicación de la matemática a la física

Federico Raffo Quintana

Universidad Católica Argentina – CONICET, Argentina ✉ 

<https://dx.doi.org/10.5209/ashf.91534>

Recibido: 18 de septiembre de 2023 • Aceptado: 02 de septiembre de 2024

Resumen: En este trabajo analizaremos la concepción de Leibniz acerca de la aplicación de la matemática a la física entre los años 1677 y 1690. Reconstruiremos esta concepción fundamentalmente a partir de algunos conceptos relacionados, como son los de “atributos” o “cualidades acompañantes”. Veremos que, por aplicación de la matemática a la física, Leibniz entendió específicamente la posibilidad de dar explicaciones mecánicas que dan cuenta de la causa inmediata e inteligible por la cual tienen lugar las cualidades confusas, en un sentido que debe ser dilucidado. Estas explicaciones revelan, por lo tanto, la estructura *a parte rei* a partir de la que tienen lugar las sensaciones.

Palabras clave: atributos acompañantes / cualidades confusas / física / Leibniz / matemática

ENG Leibniz and the application of mathematics to physics

Abstract: In this paper I will analyze Leibniz’s conception of the application of mathematics to physics between 1677 and 1690. We will primarily reconstruct this conception based on some related concepts, such as those of “attributes” or “accompanying qualities”. I will show that, by applying mathematics to physics, Leibniz specifically understood the possibility of providing mechanical explanations that account for the immediate and intelligible cause by which confusing qualities take place, in a sense that must be elucidated. These explanations reveal, therefore, the *a parte rei* structure from which sensations take place.

Keywords: Accompanying attributes / confused qualities / Leibniz / mathematics / physics

Sumario: 1. Introducción. 2. Dilucidación de la ciencia física. 3. Presupuestos metodológicos y epistemológicos. Las explicaciones mecánico-causales. 4. Las cualidades acompañantes y la estructura a parte rei. 5. Conclusiones. 6. Agradecimientos. 7. Referencias

Cómo citar: Raffo Quintana, F. (2025) “Leibniz y la aplicación de la matemática a la física”. *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía*, 42 (1), 67-75.

1. Introducción

Uno de los rasgos característicos del abordaje científico de la física del siglo XVII es lo que usualmente se conoce como la “matematización de la naturaleza”, es decir, en términos más o menos generales, el uso de la matemática para la investigación física. Ahora bien, hay muchas cosas que pueden interpretarse bajo la idea de la matematización de la naturaleza o el uso de la matemática en física, por lo que la mera enunciación de este rasgo característico no es suficiente para entender a qué nos estamos refiriendo. Así, por ejemplo, podríamos estar aludiendo al empleo de diagramas geométricos para el abordaje de problemas físicos y mecánicos,¹ o bien al modo geométrico de exposición de los resultados obtenidos en una investigación. En el caso particular del pensamiento de Leibniz, podemos incluir otras posibilidades, tal como el hecho de que las leyes del movimiento deban conservar la forma de ecuación que tiene el principio de la mecánica, de equipolencia entre causa plena y efecto íntegro.²

¹ Así lo analizó, por ejemplo, Van Dyck, Maarten, “Applying Mathematics to Nature,” en *The Cambridge History of Philosophy of the Scientific Revolution*, ed. David Marshall y Dana Jalobeanu (Cambridge: Cambridge University Press, 2022), 254-63.

² Al respecto, Fichant, Michel, “Les concepts fondamentaux de la mécanique selon Leibniz, en 1676” en *Leibniz à Paris (1672-1676)*. Tome 1: Les sciences, ed. A. Heinekamp y D. Mettler (Wiesbaden: Steiner Verlag), 228-232 y Federico Raffo Quintana, “Sobre la fundación del principio de equipolencia en el período parisino de Leibniz”, *Ápeiron. Estudios de filosofía* 16 (2022): 193-196.

Ahora bien, además de todas estas maneras de concebir el uso en general de la matemática, Leibniz se refiere a la *aplicación* de la matemática en el contexto del tratamiento de un problema en particular. Como mostraremos en este trabajo, esta referencia muy posiblemente no se condiga con lo que el lector actual podría suponer. Entre las pocas veces que Leibniz se refirió explícitamente a la aplicación de la matemática a la física en el período que va aproximadamente de 1677 a 1690, se destaca el siguiente pasaje del *Praefatio ad libellum elementorum physicae* (de aquí en más: *Prefacio*), redactado entre la segunda mitad de 1678 y comienzos del año siguiente: “[e]n esta consideración de los atributos distintos que acompañan a los confusos consiste la aplicación de la matemática a la física (...)”.³ Como vemos, cuando Leibniz se refiere a la aplicación de la matemática a la física, no está pensando en la idea general de hacer uso de la matemática en algún sentido, sino en algo más específico. La especificidad de esta referencia no siempre ha sido observada. Por ejemplo, Elawani se refiere indistintamente a la aplicación de la matemática a los fenómenos naturales y al uso de la matemática para el conocimiento del mundo.⁴ El objetivo de este trabajo es precisamente analizar cómo entendió y justificó Leibniz la aplicación de la matemática a la física, en el período ya mencionado de su producción intelectual. Si bien, como dijimos, las referencias explícitas a la aplicación de la matemática son escasas, hay otros conceptos muy relacionados, como el de “atributos” o “cualidades acompañantes” (*attributa comitantia*), que han recibido una mayor atención por parte de Leibniz, tanto en escritos de filosofía natural como en textos sobre enciclopedia y ciencia general. Procuraremos cumplir con el objetivo sobre la base de estas referencias indirectas.

Vale la pena en este contexto hacer la siguiente advertencia: no es el objetivo de este trabajo analizar si la matemática es o no *útil* para el conocimiento de la naturaleza ni, supuesto que lo fuera, considerar cuáles serían los diversos modos de esta utilidad. Esta estrategia es válida y ha sido objeto de diversos estudios. En este sentido, merece ser destacado el mencionado trabajo de Elawani, quien analiza, por un lado, el modo en que para Leibniz las nociones matemáticas se involucran en el conocimiento humano de los objetos naturales,⁵ así como también, por otro, la preferencia por las explicaciones que hacen uso de la matemática en física, esto es, las explicaciones mecánicas en general. Por su parte, de acuerdo con Kurt Smith, Leibniz habría hecho uso de conceptos matemáticos como metáforas para esclarecer el

significado de algunos términos metafísicos fundamentales, lo que también tendría un impacto en la física.⁶ Así, por ejemplo, el concepto metafísico de orden se esclarece a partir de las nociones matemáticas de regla y ecuación, de acuerdo con lo que Leibniz exhibe en el sexto párrafo del *Discours de métaphysique*.⁷ Nuestro abordaje no está en desacuerdo con ninguno de ellos, sino que en un sentido es más específico. Así, distinguimos el análisis de la *utilidad* que tiene la matemática en general para el conocimiento humano de la naturaleza, de lo que es la cuestión de la manera de concebir la *aplicación* de la matemática a la física, con la que Leibniz se refiere específicamente a un problema determinado, relativo, como veremos, a la posibilidad de dar explicaciones acerca de las cualidades confusas. De alguna manera, el segundo aspecto se incluye dentro del primero, como un caso particular. Por ello, el tratamiento que proponemos en este trabajo procura examinar qué implicó para Leibniz la aplicación de la matemática a la física cuando se refirió directamente a ella y cómo justificó dicha aplicación.

La razón por la cual circunscribiremos nuestro abordaje al período del pensamiento de Leibniz antes señalado es clara. Por un lado, entre 1676 y 1680, Leibniz se dedicó intensamente al estudio de la mecánica y de la filosofía natural. Si bien es cierto que el interés de Leibniz no es nuevo, pues hay tratados de física datados varios años antes (como, por ejemplo, la *Theoria motus abstracti* y la *Hypothesis physica nova*, ambos textos de 1670/71), lo cierto es que, en los escritos de estos años, formuló algunas de sus propuestas más decisivas, tales como la ley fundamental de conservación de la fuerza y de su estimación como el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad (esto es, mv^2) en *De corporum concursu*,⁸ o la concepción de la reducción de todas las leyes del movimiento al principio único de la mecánica de equipolencia entre causa plena y efecto íntegro (en *De arcanis motus et mechanica ad*

³ G. W. Leibniz, *Sämtliche Schriften und Briefe* (Berlín (antes: Darmstadt; Leipzig): Walter de Gruyter Verlag (antes: Otto Reichl Verlag; Akademie-Verlag), 2023 y ss.). Serie VI, tomo 4, 2006. [De aquí en más, citado como A, seguido de la serie (en números romanos), del volumen (en números arábigos) y del número de página. Por ejemplo: A VI 4, 2006]. Salvo que se indique lo contrario, las traducciones son de nuestra autoría.

⁴ Jeffrey Elawani, “*L’application des mathématiques aux phénomènes naturels chez Leibniz*” (tesis de Maestría en Filosofía, Universidad de Montreal, 2020).

⁵ Hemos llevado a cabo un abordaje semejante en Federico Raffo Quintana, “Matemática y filosofía natural en Leibniz (1677-1686)”, *Daimon, Revista internacional de filosofía* (en prensa).

⁶ Kurt Smith, “*Leibniz on Order, Harmony, and the Notion of Substance. Mathematizing the Sciences of Metaphysics and Physics*,” en *The Language of Nature. Reassessing the Mathematization of Natural Philosophy in the Seventeenth Century*, ed. Geoffrey Gorham, Benjamin Hill, Edward Slowik y C. Kenneth Watters (Minesota / Londres: University of Minnesota Press, 2016), 230-32.

⁷ Kurt Smith, “*Leibniz on Order, Harmony, and the Notion of Substance. Mathematizing the Sciences of Metaphysics and Physics*,” en *The Language of Nature. Reassessing the Mathematization of Natural Philosophy in the Seventeenth Century*, ed. Geoffrey Gorham, Benjamin Hill, Edward Slowik y C. Kenneth Watters (Minesota / Londres: University of Minnesota Press, 2016), 232-38. El pasaje en cuestión del *Discours de métaphysique* es el siguiente: “En efecto, supongamos, por ejemplo, que alguien dibuje completamente al azar cierto número de puntos sobre el papel, como hacen los que practican el ridículo arte de la geomancia. Afirmo que cabe encontrar una línea geométrica cuya noción sea constante y uniforme según cierta regla de modo que pase por todos los puntos y siga el mismo orden que siguió la mano que los marcó”. Utilizamos aquí la traducción que se encuentra en la edición de De Olaso: Leibniz, G. W. *Escritos filosóficos*, ed. Ezequiel de Olaso (Buenos Aires: Cáracas, 1982), 285.

⁸ A VIII 3, 527-660. Al respecto, remitimos al célebre trabajo de François Duchesneau, *La dynamique de Leibniz* (Paris: Vrin, 1994) y a Rodolfo Fazio, “Leibniz on force, cause and subject of motion: from *De corporum concursu* (1678) to the *Brevis demonstratio* (1686),” *Manuscripta* 44, no. 1 (2021): 113-120.

puram geometriam reducenda).⁹ Vale la pena añadir en este contexto la concepción leibniziana de la relatividad del movimiento o de las hipótesis de los sistemas de referencia¹⁰ (así, en *Principia mechanica*,¹¹ *Spatium et motus revera relationes*¹² y *Quod motus sit ens respectivum*¹³). Si bien no lo desarrollaremos aquí, estas cuestiones han jugado papeles clave en la filosofía posterior de Leibniz, como, por ejemplo, en el contexto de la correspondencia con Clarke. En segundo lugar, vale la pena señalar que antecede al período circunscrito en este escrito la etapa parisiense de Leibniz, en la que se dedicó intensamente al estudio y desarrollo de la matemática (como puede verse en múltiples tomos hasta ahora publicados de A VII).¹⁴ No es de extrañar entonces que la cuestión de la aplicación de la matemática a la física sea recurrentemente abordada en los textos físicos del período delimitado. Así, por ejemplo, en *Revocatio qualitatum confusarum ad distinctas*,¹⁵ *De modo perveniendi ad veram corporum analysin et rerum naturalium causas*,¹⁶ *Physica scientia attributorum corporis*,¹⁷ *Conspectus libelli elementorum physicae*¹⁸ y el mencionado *Prefacio*.¹⁹

2. Dilucidación de la ciencia física

El modo como Leibniz concibe la aplicación de la matemática a la física depende directamente de la concepción que tuvo de estas ciencias, en especial, como veremos, de la física. Sucintamente, Leibniz concibe a la física como la ciencia de los atributos o cualidades del cuerpo.²⁰ La física tiene dos partes, una primera en la que se abordan las cualidades y una segunda, acerca de los sujetos de tales cualidades, esto es, los cuerpos del mundo, tales como los cuerpos elementales, los astros o los cuerpos

orgánicos.²¹ En esta ocasión nos centraremos en la primera parte.²² En el cuerpo pueden reconocerse distintos tipos de cualidades o atributos, pero solamente uno de estos tipos es propio de la física, esto es, el de las cualidades sensibles. Hay ciertamente atributos del cuerpo que son reductibles a nociones matemáticas: por ejemplo, ser extenso es un atributo del cuerpo, que se reduce a las nociones de magnitud y situación, que se toman de la matemática. Ya volveremos sobre este tipo de cualidades. Lo relevante por el momento es, como decíamos, que, en su carácter de ciencia empírica, las cualidades propias y distintivas de la física son las sensibles. El estudio específico o la ciencia de las cualidades sensibles comporta para Leibniz el nombre de “poiografía”.²³

Si bien lo retomaremos con más detalle más adelante, anticipemos que, para Leibniz, las cualidades sensibles son de dos tipos. En cierta medida, como veremos, en estas consideraciones Leibniz anticipa concepciones que abordará en 1684 en *Meditaciones sobre el conocimiento, la verdad y las ideas*.²⁴ Por un lado, están las cualidades sensibles que son “simples” para los sentidos, que, por lo tanto, podemos conocer de manera ostensiva, pero de las que no podemos dar una explicación o definición, como es el caso de los colores, sonidos, sabores y demás. No podemos entender el verde, un sonido agudo, un sabor amargo, como tampoco el calor, sino solamente sentirlos. Como dice Leibniz en reiteradas ocasiones, no es posible explicarle a un ciego de nacimiento en qué consiste la luz o la rojez.²⁵ Estas cualidades, precisamente por el hecho de no poder ser definidas, son “confusas”. Ahora bien, hay un segundo tipo de cualidades sensibles, que no son confusas, sino “distintas”, en algún grado. Esto implica, en consecuencia, que son compuestas y pueden explicarse, aunque sea descriptivamente, de manera que, de algún modo, son inteligibles. Tal es el caso, por ejemplo, de la firmeza, la fluidez, la blandura, la tenacidad y otras cosas semejantes.²⁶ Decimos que son distintas “en algún grado” y por ello que son inteligibles “de algún modo”, pero no plenamente, porque, para explicarlas, debemos recurrir en algún momento a cualidades confusas. Por ejemplo, podemos explicar la fusibilidad como la facilidad o disposición que un cuerpo tiene para derretirse o fundirse, para lo que en algún momento debemos recurrir a la noción de “calor”, que es confusa.

Este contexto nos permite anticipar algo acerca del modo como Leibniz concibió la aplicación de la matemática a la física, a saber: ella está relacionada con el esfuerzo por dar explicaciones de algún tipo acerca de las cualidades sensibles simples de los

⁹ A VIII 2, 133-138. Cf. Federico Raffo Quintana, “Sobre la fundación del principio de equipolencia en el período parisino de Leibniz”, *Ápeiron. Estudios de filosofía* 16 (2022).

¹⁰ Al respecto de esta cuestión, remitimos a Laurence Bouquiaux, “Equivalence des hypothèses et relativité du mouvement dans la « Dynamica »”, *Studia Leibnitiana* 49/1 (2017): 54-74 y a Richard T. W. Arthur, *Leibniz on Time, Space, & Relativity* (Oxford: Oxford University Press, 2021), 232-324.

¹¹ A VI 3, 101-111.

¹² A VI 4, 1968-1970.

¹³ A VI 4, 1970-1971.

¹⁴ Si bien no lo desarrollaremos en esta ocasión, se destaca en esta cuestión el abordaje tanto filosófico como matemático de Leibniz acerca de las cantidades ficticias infinitas e infinitamente pequeñas. Al respecto, remitimos a David Rabouin y Richard T. W. Arthur, “Leibniz’s syncategorematic infinitesimals II: their existence, their use and their role in the justification of the differential calculus,” *Archive for History of Exact Sciences* 75 (2020): 405-413, a Oscar Esquisabel y Federico Raffo Quintana, “Fiction, possibility and impossibility: Three kinds of mathematical fictions in Leibniz’s work”, *Archive for History of Exact Sciences* 75-6 (2021) y a Oscar Esquisabel y Federico Raffo Quintana, “La doble perspectiva técnica y filosófica de Leibniz acerca de los infinitesimales: un camino hacia la idealidad de lo matemático”, *ENDOXA- Series filosóficas* 50 (2022).

¹⁵ A VI 4, 1961-1962.

¹⁶ A VI 4, 1971-1975.

¹⁷ A VI 4, 1981-1982.

¹⁸ A VI 4, 1986-1991.

¹⁹ A VI 4, 1992-2010.

²⁰ A VI 4, 1981. El concepto de “atributo”, así como también el de los tipos de atributos, es explorado con cierto detalle por Leibniz en el *Praefatio ad libellum elementorum physicae*, A VI 4, 2001-2010.

²¹ A VI 4, 1986.

²² Respecto de la segunda, remitimos a Michel Fichant, “Mécanisme et métaphysique : le rétablissement des formes substantielles (1679),” en *Science et métaphysique dans Descartes et Leibniz*, ed. Michel Fichant (Paris: Presses Universitaires de France, 1998), 194-95.

²³ A VI 4, 347; G. W. Leibniz, *Obras filosóficas y científicas* (Granada: Comares, 2023), Volumen 3, “Ciencia General y enciclopedia” (editores: Oscar M. Esquisabel y Manuel Sánchez Rodríguez), 67-69. [Citado como OFC 3, seguido del número de página]

²⁴ A VI 4, 585-592.

²⁵ A VI 4, 1981-1982.

²⁶ A VI 4, 347.

cuerpos, que por sí solas no son explicables, en la medida en que esto sea posible y de acuerdo con ciertas condiciones que señalaremos más adelante.

Entretanto, esta observación nos permite advertir algo por la vía negativa: la aplicación de la matemática a la física no es, por decirlo así, un abordaje de objetos y cuestiones físicas que esté incorporado a la matemática. Tengamos en cuenta que, entre los últimos años de la década de 1670 y especialmente a lo largo de la década siguiente, Leibniz desarrolló una concepción de la matemática “general” o “universal” (la denominación varía según los textos) de una manera que no la restringía a la consideración de la cantidad en general (o “acerca del orden y la medida no adscrito a una materia especial”, como fue concebida por Descartes²⁷), sino que incorporaba también la consideración de la *calidad*. En otras palabras, fue concebida por Leibniz como la ciencia “sobre la Magnitud, es decir, la Cantidad, y la Semejanza, es decir, la cualidad”.²⁸ En *De rebus in scientia mathematica tractandis*, Leibniz señaló en este sentido: “Ciertamente, en matemática, además de la comparación de cantidades, suele tratarse a menudo sobre la comparación de cualidades, es decir, sobre la semejanza (...)”.²⁹ La idea de Leibniz es que podemos demostrar recurriendo a la semejanza de cualidades, cosas que de hecho podrían también demostrarse, aunque con mayor dificultad, recurriendo solamente a cantidades.³⁰ Así, por ejemplo, que dos círculos cualesquiera son semejantes entre sí, o bien que son entre sí como los cuadrados respectivamente circunscriptos. Ahora bien, si, como dijimos, la física es una ciencia sobre cualidades (más concretamente, sobre las cualidades de los cuerpos, en especial las sensibles), podría pensarse, como decíamos, que de alguna manera queda incorporada en la matemática universal. Sin embargo, como veremos, la aplicación de la matemática a la física no se trata de examinar la semejanza entre cualidades, sino, como decíamos, de emplear conceptos matemáticos para dar explicaciones relativas en algún respecto a las cualidades sensibles. En este sentido, sostenemos, Leibniz entendería la “aplicación” en términos más bien epistemológicos, esto es, en función de la posibilidad de dar explicaciones de algún género acerca de cualidades sensibles. Por una cuestión de orden, analizaremos un poco más adelante cuál es el género de explicaciones al que hacemos aquí referencia. En cualquier caso, como veremos, es ante todo una cuestión de explicación y solo luego, por concomitancia, de uso en física de técnicas matemáticas.

3. Presupuestos metodológicos y epistemológicos. Las explicaciones mecánico-causales

Ahora bien, si nuestra lectura es correcta, la aplicación de la matemática a la física tiene algunos presupuestos, que son de naturaleza metodológica y epistemológica. Desde el punto de vista

metodológico, hay en la investigación de la naturaleza cuatro métodos posibles que se configuran de acuerdo con dos pares de oposiciones, a saber: un método puede proveer resultados ciertos o conjeturales y puede proceder de manera *a priori* o *a posteriori*.³¹ Así, por combinación, los métodos son estos cuatro: el cierto *a priori*, el conjetural *a priori*, el cierto *a posteriori* y el conjetural *a posteriori*. No nos detendremos en detalle en ellos, lo que nos desviaría de nuestro objetivo. Solamente analizaremos brevemente el método “cierto *a posteriori*”, que es para Leibniz el método por excelencia de la física y que, como veremos, está esencialmente conectado con la cuestión de la aplicación de la matemática. Este método consiste en un procedimiento analítico o resolutivo (y por eso es “cierto”) a partir de los fenómenos (y por eso es “*a posteriori*”). De esta manera, se procede a descomponer un fenómeno en sus atributos, que se consideran individual o aisladamente. La resolución no se detiene allí, sino que prosigue luego con el análisis de los atributos mismos hasta alcanzar eventualmente atributos simples para el intelecto, es decir, los que no sean resolubles en otros. Que el análisis se detenga en los atributos simples “para el intelecto” implica, entre otras cosas, que no es el punto de detención final el arribo a atributos simples “para los sentidos”.³² Esto muestra, en particular, que el método de Leibniz consiste en una resolución intelectual, no empírica, y, por lo tanto, en la resolución que permiten los atributos que son distintos, esto es, los que pueden explicarse o definirse. No es que Leibniz no admita en física una resolución empírica; más aún, no sólo la admite, sino que incluso incentiva su uso.³³ No obstante, por la naturaleza de esta resolución, mediante ella no llegamos a los requisitos que explican la cosa analizada. En suma, metodológicamente, la aplicación de la matemática a la física supone un método de resolución intelectual del fenómeno en sus atributos y de ellos en otros “más simples”, hasta llegar eventualmente a los que sean realmente simples intelectualmente hablando. Como veremos, la aplicación de la matemática a la física se da precisamente cuando no todas las nociones involucradas en la resolución sean distintas, es decir, en otras palabras, cuando resolutivamente llegamos a atributos confusos, que, como tales, no podemos explicar.

Ahora bien, decir que la aplicación de la matemática a la física permite dar explicaciones es decir algo excesivamente general, en el sentido de que resta esclarecer a qué nos referimos con “explicación” en este contexto, o bien, más precisamente, qué tipo de explicación está aquí implicada. De alguna manera, en el contexto de las investigaciones físicas, “explicar” implica para Leibniz dos cosas distintas, por lo que, concomitantemente, podemos distinguir dos tipos de explicaciones. Vale la pena

²⁷ René Descartes, *Reglas para la dirección del espíritu* (Madrid: Alianza. Knopf, 1996), 86.

²⁸ A VI 4, 362.

²⁹ A VI 4, 280.

³⁰ al respecto, remitimos a Oscar Esquisabel, “De la cualidad a la cantidad: el proyecto leibniziano de la *Mathesis Universalis*,” *Ápeiron. Estudios de filosofía* 16 (2022): 272-284.

³¹ Leibniz lleva a cabo estas consideraciones epistemológicas en el *Praefatio ad libellum elementorum physicae*, A VI 4, 1998-2001. Para un abordaje más minucioso de estos métodos, así como también de otros problemas y cuestiones asociadas, remitimos a Oscar Esquisabel y Federico Raffo Quintana, “La ciencia natural en Leibniz: sus fines, su método y la metafísica”, *Revista latinoamericana de filosofía* 50, no. 2 (2024): pp. 261-289.

³² A VI 4, 2002-2003.

³³ Cf. por ejemplo, A VI 4, 1975, 1982, 2005-2006.

señalar que en ambos géneros hay una referencia a la matemática, por lo que su distinción no es en absoluto trivial en este contexto. Cuando Leibniz se refiere a la aplicación de la matemática a la física, no lo hace en un sentido general, sino que se refiere especialmente a uno de estos tipos de explicaciones. Si bien no nos detendremos en detalle en esto, en esta cuestión Leibniz de alguna manera anticipa una distinción, que es muy contemporánea, entre un modelo de explicación axiomático-deductivo y un modelo causal-mecánico. Ya Nancy Cartwright concibió de esta manera la distinción entre las explicaciones provistas por las leyes “fenomenológicas” respecto de las que corresponden a las leyes “fundamentales”.³⁴ Más recientemente, Manuel DeLanda, entre otros, recoge esta clasificación de tipos de explicaciones.³⁵

Por un lado, “explicar” puede ser para Leibniz dar una razón de algo en términos deductivos. Así, una ley empírica de nivel inferior puede ser deducida a partir de leyes de orden superior (o bien de principios) que no sean fenomenológicas, sino teóricas, y que sean de carácter matemático. Este es precisamente el modelo de tratamiento de cuestiones mecánicas que Leibniz persigue al menos desde que en 1676 estableció el principio de la mecánica de equipolencia entre causa plena y efecto íntegro.³⁶ En otras palabras, Leibniz mantiene un modelo deductivo para la mecánica, que se funda en principios de carácter racional gracias a los cuales puede darse un tratamiento geométrico del movimiento.³⁷ Así, dice Leibniz, “(...) es necesario que las leyes del movimiento, que hasta el momento parecen ser diversas, se reduzcan a un único principio con cuyo auxilio puedan formarse algunas ecuaciones analíticas”.³⁸ En consecuencia, a partir del principio de equipolencia o de igualdad de potencia entre causa plena y efecto íntegro se sigue, a modo de ejemplo, la ley

de conservación de la fuerza como el producto de la masa y el cuadrado de la velocidad (mv^2), formulada en estos términos en *De corporum concursu*, sobre la que se fundan a su vez las leyes fenomenológicas del movimiento de orden inferior. Dado que el principio de la mecánica a partir del que se deducen las leyes tiene la forma de una ecuación, el modelo deductivo de la mecánica permite expresar las leyes del movimiento en términos de un sistema de ecuaciones.³⁹ Como la física se asienta sobre la mecánica, el mismo procedimiento deductivo continúa hasta las leyes físicas fenomenológicas.

Ahora bien, por otro lado, “explicar” puede también ser para Leibniz proveer un mecanismo que dé cuenta de los fenómenos en términos causales. Este segundo tipo de explicación no procura ofrecer una deducción a partir de leyes más generales, sino de dar la causa, en términos mecánicos, del fenómeno explicado. Esto permite dar una descripción matemática de los fenómenos, cuyo resultado son leyes fenomenológicas descriptivas, como, por ejemplo, la ley óptica de la reflexión de la luz. Cuando Leibniz se refiere a la aplicación de la matemática a la filosofía natural, se refiere explícitamente a este segundo tipo de explicaciones. En este sentido, podemos explicar la *causa inmediata e inteligible* por la cual tienen lugar los atributos sensibles que conocemos ostensivamente, pero de los que no podemos llevar a cabo una resolución analítica en los conceptos componentes que los explican. Dice Leibniz a propósito de la posibilidad de dar una explicación de las cualidades sensibles:

Los atributos compuestos han de resolverse en simples; y aquellos que son simples respecto de los sentidos, pero no en razón del intelecto, deben reducirse a su causa inmediata.⁴⁰

Así, aunque no podamos explicar, por ejemplo, un color, como el verde, podemos explicar la causa por la cual algo es percibido por nosotros como verde. Esto nos remite a un segundo presupuesto de la aplicación de la matemática a la física, que es de naturaleza epistemológica, a saber, que toda explicación física ha de darse en términos mecánicos:

Ante todo, tomo por cierto que *todas las cosas, esto es, las que podrían ser percibidas por nosotros, suceden por algunas causas inteligibles, si algún ángel nos las quisiera revelar*. Y ya que nada es percibido por nosotros con precisión, más que la magnitud, figura, movimiento y la percepción misma, de aquí se sigue que todas las cosas deben explicarse por medio de estas cuatro y que, puesto que hablamos de aquellas cosas que parece que suceden sin percepción, como las reacciones de los líquidos o las precipitaciones de las sales, por ello, resta que sean explicadas mediante la magnitud, la figura y el movimiento, esto es, mediante *el mecanismo [per machinam]*.⁴¹

³⁴ Nancy Cartwright, *How the laws of physics lie* (New York: Oxford University Press, 1983). Así, por ejemplo: “Explicar en física implica dos tipos de actividades bastante diferentes. En primer lugar, cuando explicamos un fenómeno, enunciarnos sus causas. Intentamos proporcionar consideraciones detalladas del modo en que el fenómeno es exactamente producido. En segundo lugar, encajamos el fenómeno en un marco teórico amplio que agrupa, bajo un conjunto de ecuaciones fundamentales, una amplia gama de diferentes tipos de fenómenos. Ambos tipos de explicaciones utilizan lo que los filósofos llamaron leyes de la naturaleza, pero, como hemos visto en el caso del radiómetro, las leyes para los dos tipos de explicaciones no se parecen en absoluto. El relato causal utiliza leyes fenomenológicas altamente específicas que cuentan qué ocurre en las situaciones concretas. Pero las leyes teóricas, como la ecuación de continuidad y la ecuación de Boltzmann, son fórmulas completamente abstractas que no describen circunstancias particulares” (p. 11; la traducción es nuestra).

³⁵ Manuel DeLanda, *Intensive science & virtual philosophy* (Londres / Nueva York: Continuum, 2002), 117-156. Por ejemplo: “En pocas palabras, la población de modelos que constituyen los componentes teóricos de la mecánica clásica puede dividirse más o menos en dos subpoblaciones: un gran número de modelos causales, muy adaptados a situaciones experimentales particulares, y unos pocos modelos fundamentales correspondientes a las leyes básicas a partir de las que se derivan familias ramificadas de otros modelos abstractos” (p. 124; la traducción es nuestra).

³⁶ A VIII 2, 133-138.

³⁷ François Duchesneau, *La dynamique de Leibniz* (Paris: Vrin, 1994), 102.

³⁸ A VIII 2, 133.

³⁹ Federico Raffo Quintana, “Sobre la fundación del principio de equipolencia en el período parisino de Leibniz”, *Ápeiron. Estudios de filosofía* 16 (2022): 193-196.

⁴⁰ A VI 4, 2002.

⁴¹ A VI 4, 1971-1972; cursivas en el original.

Como vemos, la explicación “mediante la máquina” remite a conceptos, tales como magnitud, figura y movimiento, que son tomados de la matemática: la noción de magnitud se toma del álgebra o de la aritmética, la figura y la de situación (que está incluida en la de “movimiento”), de la geometría.⁴² Magnitud, figura y movimiento son de hecho atributos del cuerpo, o más concretamente, atributos “comunes a muchos sentidos”. No nos detendremos en este momento a analizar de qué manera Leibniz argumenta que sean comunes a muchos sentidos (cosa que, por lo demás, explica, en simultáneo, por qué son confusos los atributos simples para los sentidos).⁴³ Nos interesa en esta ocasión resaltar, en primer lugar, que estos atributos son los que se basan las explicaciones mecánicas son distintos, a pesar de ser sensibles, en tanto que son sensibles “comunes”. Es más, si tomamos el conjunto de atributos distintos, ellos están por encima del resto en lo que respecta a la distinción. En otras palabras, si hiciéramos una escala de distinción, ellos se encontrarían por encima de otros que incluyen notas confusas en su resolución. Recordemos en este momento que antes señalamos que hay atributos sensibles que son distintos, tales como la firmeza, la fluidez, la blandura, la tenacidad o la fusibilidad. No obstante, al resolverlos encontramos que no todas sus notas son a su vez distintas, sino que de hecho en algún momento arribamos a nociones confusas. En este sentido, dice Leibniz, “pueden sin embargo tenerse por distintos hasta tanto se resuelvan”.⁴⁴ Con los atributos comunes ocurre algo diferente: en su resolución no nos encontraremos con atributos confusos, sino solamente con nociones que proceden del intelecto, es decir, siempre distintas. Por tal razón, como dice el pasaje que citamos más arriba, magnitud, figura y movimiento son atributos que percibimos con precisión, de manera distinta. Son los atributos “más distintos” que percibimos en lo material y que, por tanto, merecen ser considerados con anterioridad al resto, lo que implica, como dijimos, que “(...) las cosas que son materiales pueden explicarse por la Magnitud, Figura y movimiento”.⁴⁵

Ahora bien, en segundo lugar, vale la pena resaltar que esta resolución en atributos distintos, o lo que es lo mismo, el hecho de que todos los fenómenos de la naturaleza deban explicarse mecánicamente, implica que la física de alguna manera está subordinada a la matemática:

Pues, aunque los atributos confusos de los cuerpos puedan reducirse a [atributos] distintos, debe saberse que los atributos distintos son de dos géneros. En efecto, unos deben tomarse de la Ciencia Matemática, pero otros, de la Metafísica. De la ciencia Matemática [se toman] sin duda la magnitud, la figura, la situación y sus variaciones, pero de la metafísica [se toman] la existencia, la duración, la acción y pasión, la fuerza de actuar y fin de la acción o percepción del agente.⁴⁶

No nos detendremos en esta ocasión a esclarecer detalladamente la referencia a la metafísica, que, sin lugar a duda, cumple un rol fundacional en relación con la física. Nos limitaremos a señalar en este sentido, por un lado, que la física está subordinada tanto a la matemática como a la metafísica⁴⁷ y, por otro, que, a pesar de ello, la dependencia respecto de la metafísica no es relevante para la cuestión que estamos abordando, dado que Leibniz es explícito acerca del hecho de que la atribución de una “forma sustancial” al cuerpo de hecho no contribuye *en nada* a la explicación de los fenómenos materiales.⁴⁸ Digámoslo una vez más: no implica esto que para Leibniz la metafísica no cumpla un papel fundacional respecto de la física. Sin embargo, como dijimos, para Leibniz todos los fenómenos de la naturaleza han de explicarse mecánicamente. La dependencia respecto de la metafísica, por lo tanto, apunta a esclarecer otro tipo de cuestiones, como la de la unidad real, la fuente de la acción y demás, pero no a dar explicaciones acerca de los fenómenos.⁴⁹ En consecuencia, se dan diferentes tipos de explicaciones de acuerdo con la naturaleza de las cuestiones a abordar, motivo por el cual tales explicaciones son entre sí compatibles.⁵⁰ De allí que cobren especial importancia los atributos comunes, que, como dijimos, son los únicos que percibimos de manera precisa. Así, en suma, podemos decir que la explicación de los fenómenos depende de la matemática, en tanto que implica una reducción a atributos que se toman de la matemática.

Como vemos, la subordinación de la física respecto de la matemática está relacionada con el hecho de que las explicaciones físicas deban ser mecánicas. En otras palabras, los atributos que se toman de la matemática son algunos de los que se emplean para explicar los fenómenos. Esto conlleva que la mecánica tiene de alguna manera un rol articulador entre la física y la matemática, en el sentido de que las “conecta”.⁵¹ En el diálogo *Pacidius Philalethi*, Leibniz ya había observado la necesidad de una ciencia sobre el movimiento con la que transitar de la geometría a la física.⁵² En este contexto, vale la pena mencionar que, en el marco del proyecto enciclopédico que desarrolla en los años delimitados en este trabajo, Leibniz en ocasiones establece un orden entre las ciencias que trasluce este rol articulador. A modo de ejemplo, en un texto de 1679, titulado *Initia Scientiae Generalis. Conspectus Speciminum*, Leibniz se refiere al siguiente orden: primero la matemática general, como la ciencia acerca de la determina-

⁴² A VI 4, 1981.

⁴³ A VI 4, 2003-2004.

⁴⁴ A VI 4, 2003.

⁴⁵ A VI 4, 2007.

⁴⁶ A VI 4, 2009.

⁴⁷ A VI 4, 1982.

⁴⁸ A VI 4, 2007.

⁴⁹ Cf. Michel Fichant, “Mécanisme et métaphysique : le rétablissement des formes substantielles (1679),” en *Science et métaphysique dans Descartes et Leibniz*, ed. Michel Fichant (Paris: Presses Universitaires de France, 1998), 203-204 y María Rosa Antognazza, “Philosophy and Science in Leibniz,” en *Tercentenary Essays on the Philosophy and Science of Leibniz*, ed. Lloyd Strickland, Erik Vynckier y Julia Weckend (Cham: Palgrave Macmillan, 2017), 21 y 26-32.

⁵⁰ Cf. Richard T. W. Arthur, *Monads, Composition, and Force. Ariadnean Threads Through Leibniz's Labyrinth* (Oxford: Oxford University Press, 2018), 174-75.

⁵¹ A VI 4, 346.

⁵² A VI 3, 531.

ción de la magnitud, es decir, la cantidad, y de la semejanza, es decir, la cualidad.⁵³ Segundo, la geometría, como la ciencia en la que la magnitud y la semejanza se aplican a la situación. En tercer lugar, la mecánica, en la cual, además de la magnitud y la situación, se considera la fuerza, es decir, la causa del cambio. En cuarto y último lugar, Leibniz se refiere a un “ensayo físico”:

IV. *Un ensayo físico*, en el cual se exhibe primeramente una investigación acerca de las cualidades. A través de ellas, comprendiéndolas primero de manera exacta y reduciéndolas luego a principios mecánicos, se puede conocer la naturaleza interior de las especies, las cuales, ciertamente, se pueden distinguir por sus cualidades. Luego se exponen aquellas cosas que pueden afirmarse con certeza acerca de nuestro sistema y de aquellas que se perciben en él. Finalmente, se presentan los inicios de una física conjetural, es decir, la hipótesis que podemos usar hasta que se encuentre otra mejor o se corrija esa misma.⁵⁴

Como vemos, el tránsito de la matemática a la física a través de la mecánica es claro. El ensayo físico recorre el itinerario que señalamos antes, esto es, primero las cualidades y luego, los sujetos o “especies” de cuerpos orgánicos.⁵⁵ La comprensión “exacta” de las cualidades se da precisamente por su reducción a cualidades distintas, como magnitud, figura y movimiento. Con este trasfondo, estamos en condiciones de ver con más detalle en qué consiste para Leibniz la aplicación de la matemática a la física.

4. Las cualidades acompañantes y la estructura a parte rei

Como señalamos antes, en la medida en que la física es una ciencia empírica, las cualidades propias de esta ciencia son las sensibles, entre las que se encuentran las simples para los sentidos, esto es, las confusas. Ahora bien, en la medida en que estas cualidades confusas no son explicables, con ellas, en el mejor de los casos, podríamos hacer observaciones y enumeraciones, esto es, recopilar datos o información empírica, pero no podríamos hacer ciencia. Lo que procura la ciencia es precisamente lo que estas cualidades no permiten, es decir, explicar. Para dar cuenta de la causa inmediata e inteligible de las cualidades confusas, debemos recurrir a atributos comunes que se toman precisamente de la matemática. Dicho en otras palabras, *aplicamos la matemática a la física*:

Ahora bien, antes que los restantes hay que considerar los atributos distintos, a saber, duración, magnitud, movimiento, figura, ángulo y otras circunstancias; en efecto, podemos razonar en tanto y en cuanto consideramos atributos distintos. En esta consideración de los atributos distintos que acompañan a los confusos consiste la aplicación de la matemática a la física, de modo que, una vez que aprendimos que los ángulos de incidencia y

reflexión de los rayos de luz son iguales y que estos ángulos deben tomarse respecto de la recta incidente perpendicularmente en el plano tangente a la superficie, fácilmente hemos constituido ya la ciencia catóptrica; del mismo modos, son necesarios pocos experimentos sobre la refracción para poner los fundamentos de la dióptrica.⁵⁶

Notemos que, en buena medida, la aplicación de la matemática a la física permite la constitución de las ciencias acerca de las cualidades sensibles, como, por ejemplo, la óptica (sobre la luz) o la acústica (sobre el sonido), precisamente porque es esta aplicación lo que nos permite dar explicaciones. Esta aplicación de la matemática da cuenta de la constitución de las ciencias históricamente concebidas como ciencias “medias” o matemáticas “mixtas”. Damos, así, explicaciones mecánicas relativas a las cualidades sensibles (sin que esto implique que lo que explicamos sean precisamente los *qualia* o datos sensibles), porque se aplican a ellas nociones distintas matemáticas. En consecuencia, la aplicación de la matemática a la física no implica *ante todo* hacer uso de técnicas y herramientas matemáticas en el estudio de la naturaleza. Más bien, como vemos, implica principalmente la posibilidad de dar explicaciones mecánico-causales que en cierta manera describen el funcionamiento que da lugar a las cualidades sensibles. Así, la posibilidad de usar técnicas matemáticas es más una consecuencia de la aplicación de la matemática a la física, que la razón de ello. Por poner un ejemplo, la posibilidad de medir los sonidos según el tono o la altura supone que pueden darse explicaciones mecánicas relativas al sonido en las que se involucran los conceptos que luego nos permitirán precisamente llevar a cabo esta cuantificación.⁵⁷ De una manera semejante, la posibilidad de llevar a cabo una colorimetría, lo que implica la aplicación de técnicas de medición a los colores, supone la óptica, es decir, que pueden darse explicaciones mecánicas relativas a la luz. Dicho de otra manera, la aplicación no es ante todo de las herramientas de la matemática para ser usadas en la filosofía natural, sino de los *conceptos matemáticos* para ser usados en las explicaciones físicas. No es que lo primero quede relegado, sino que es una consecuencia de lo segundo. Lo que a Leibniz le interesa es dar explicaciones de cosas que no podríamos explicar de otra manera.

Como vemos, Leibniz entiende que podemos observar que hay cualidades distintas que acompañan siempre a las confusas, en el sentido, por ejemplo, de que, de acuerdo con el autor, a todo color “lo acompaña” un rayo de luz refractado a partir del que se origina.⁵⁸ Por lo tanto, damos una explicación apelando a nociones tales como la de “rayo” y “refracción”, que, en pocas palabras, recurren respectivamente a las nociones de “línea” y “ángulo”, que son nociones matemáticas. Entiéndase bien: no es el color en cuanto *dato sensible* lo que estamos explicando. No es el verde o el rojo que sentimos lo que se explica, pues eso es precisamente lo que se

⁵³ A VI 4, 362-363; OFC 3, 166-167.

⁵⁴ A VI 4, 363. Le agradezco la traducción a Mario Narváez.

⁵⁵ A VI 4, 348.

⁵⁶ A VI 4, 2006.

⁵⁷ Cosa que Leibniz hace, por ejemplo, en A VIII 3, 96-97.

⁵⁸ A VI 4, 1961.

conoce ostensivamente. Lo que podemos explicar, digámoslo una vez más, es la causa inmediata e inteligible a partir de la que tiene lugar la sensación. Es por medio de las cualidades acompañantes y, por tanto, aplicando la matemática, que podemos dar tal explicación.

El color, el calor, y otras cosas de este género han de conocerse [*notanda*] por medio de cualidades anteriores que Siempre las acompañan. Deben explicarse, por lo tanto, por medio de la extensión y el movimiento.⁵⁹

Como lo que explicamos es la causa de las cualidades confusas, las cualidades acompañantes las acompañan “siempre” y comportando una cierta “anterioridad”. Dicha anterioridad debe entenderse en términos causales, precisamente porque lo que explicamos con las cualidades acompañantes es la causa de las confusas. De esta manera, la aplicación de la matemática a la física configura el camino para explicar lo que debe tener lugar en las cosas, *a parte rei*, para que se produzca en nosotros la sensación. En otras palabras, permite “(...) hallar, mediante un rodeo, qué hay de real y distinto en las cualidades confusas”.⁶⁰ La anterioridad causal de las cualidades acompañantes implica que son anteriores por naturaleza, es decir, constituyen la estructura a partir de la cual resultan las cualidades confusas (*necesse est etiam qualitates confusas ex tali structura resultare*).⁶¹ La aplicación de la matemática a la física, entonces, permite explicar la estructura materialmente “real”, es decir, extramental, que subyace a las cualidades sensibles que son propias de la física, es decir, la estructura a partir de la que tienen lugar los colores, olores, sabores y demás en el sujeto percipiente, a pesar de no poder explicar la sensación misma, no por incapacidad nuestra, sino por la naturaleza misma de la sensación.

Ahora bien, ¿cuál sería la utilidad de la aplicación de la matemática a la física?, es decir, ¿qué es lo que permitiría el conocimiento de esta estructura? Leibniz parece reconocer tres usos que el conocimiento de la estructura o del “tejido del sujeto” permite:

Finalmente, reduciendo las cualidades confusas a las simples, estableceremos el tejido del sujeto [*texturam subjecti constituamus*], una vez tenido el cual en cierta medida podríamos no sólo hallar las causas de los fenómenos, sino también predecir fenómenos aún inexplorados y aplicar la cosa propuesta a varios usos de la vida.⁶²

La aplicación de la matemática permite, entonces, tres cosas: por un lado, hallar las causas mecánicas de los fenómenos, es decir, como vimos, explicarlos; permite también, en segundo lugar, predecir fenómenos no explorados, pues, conociendo la causa, podemos inferir el efecto; por último, da lugar a aplicaciones útiles para la vida.

5. Conclusiones

Cuando decimos que la matemática se aplica al estudio de la naturaleza, solemos pensar una apelación a los recursos técnicos que tiene la matemática para establecer cuantificaciones acerca de fenómenos empíricos. En este trabajo mostramos que la manera en la que Leibniz concibe la aplicación de la matemática a la física parece ser ante todo la posibilidad de dar explicaciones correspondientes a fenómenos empíricos por medio de conceptos matemáticos. Una vez más: no decimos con esto que Leibniz no haya tenido la intención de hacer un uso de la matemática en la física que, por ejemplo, permita la cuantificación. Decimos solamente que esto es para Leibniz de algún modo secundario, posibilitado por el hecho de que con los conceptos matemáticos podemos describir la estructura materialmente “real” a partir de la cual resultan las cualidades confusas. Por ejemplo, al margen de que Leibniz haya hecho o dicho esto, podríamos cuantificar el grado de dispersión refractiva de la luz, desde el que menos se desvía (el rojo) al que más lo hace (el violeta). Ciertamente allí estaríamos aplicando la matemática al estudio de la naturaleza en algún sentido. Sin embargo, tal aplicación, para Leibniz, habría comenzado antes, una vez que explicamos conceptualmente la causa del color a partir del hecho de que, a la sensación de un color, siempre la acompaña un rayo refractado. Del mismo modo, podemos usar un termómetro de mercurio para cuantificar la temperatura, para lo cual necesitamos primero saber que al calor lo acompaña siempre la dilatación de este metal.

Una consecuencia que se sigue de este examen y que vale la pena poner de relieve es que las explicaciones que tienen lugar gracias a la aplicación de la matemática describen algo que es “real”, es decir, extramental, aunque sea material. En este trabajo no abordamos las concepciones metafísicas de Leibniz relativas, por ejemplo, a lo que constituye la realidad en un sentido sustancial. No es eso, en cualquier caso, lo que la matemática nos permite explicar, pues todo lo que sea relativo a la unidad sustancial y en general a la sustancia no es fenoménico. No por ello, sin embargo, las explicaciones mecánicas provistas implican dar cuenta de fenómenos en un sentido subjetivo, es decir, de representaciones en un sujeto. Si bien no es un tema que directamente competa a este trabajo, obsérvese que el sentido de “fenómeno” que subyace a la intención de explicar mecánicamente los “fenómenos de la naturaleza” no es un sentido psíquico o epistémico, sino más bien, en principio, el sentido físico más bien clásico que se encuentra, por ejemplo, en la astronomía. La consideración de las cualidades acompañantes explica el mecanismo que *causa* la sensación, es decir, lo que no puede ser explicado por lo sentidos: “en efecto, los sentidos no nos muestran mediante qué mecanismos invisibles se produce ese estado del cuerpo, que efectúa la sensación de lo cálido en nosotros”. La sensación, en este ejemplo, de calor, “(...) se entenderá suficientemente solo cuando fuera explicado en qué consiste o qué es su causa próxima y recíproca”.⁶³ Dicha

⁵⁹ A VI 4, 639.

⁶⁰ A VI 4, 1962.

⁶¹ A VI 4, 1962.

⁶² A VI 4, 1961.

⁶³ A VI 4, 2002.

causa, el mecanismo, es de algún modo “real”, es decir, externo y ajeno a la sensación producida en el sujeto. Hay, en consecuencia, una concepción realista de Leibniz relativa al mecanismo, sin que esto entre en conflicto con el hecho de que el ámbito empírico sea metafísicamente fenoménico.

6. Agradecimientos:

Trabajo realizado en el marco del proyecto PIBAA-CONICET 28720210100086CO: “La idealidad de la matemática y las explicaciones de la naturaleza en Leibniz (1675-1686)”.

7. Referencias

- Antognazza, María Rosa. “Philosophy and Science in Leibniz.” En *Tercentenary Essays on the Philosophy and Science of Leibniz*, editado por Lloyd Strickland, Erik Vynckier y Julia Weckend, 19-46. Cham: Palgrave Macmillan, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38830-4_2
- Arthur, Richard T. W. *Monads, Composition, and Force. Ariadnean Threads Through Leibniz's Labyrinth*. Oxford: Oxford University Press, 2018. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198812869.001.0001>
- Arthur, Richard T. W. *Leibniz on Time, Space, & Relativity*. Oxford: Oxford University Press, 2021.
- Bouquiaux, Laurence. “Equivalence des hypothèses et relativité du mouvement dans la « Dynamica »”, *Studia Leibnitiana* 49/1 (2017): 54-74.
- Cartwright, Nancy. *How the laws of physics lie*. New York: Oxford University Press, 1983. <https://doi.org/10.1093/0198247044.001.0001>
- DeLanda, Manuel. *Intensive science & virtual philosophy*. Londres / Nueva York: Continuum, 2002. <https://doi.org/10.1080/00071773.2003.11007415>
- Descartes, René. *Reglas para la dirección del espíritu*. Introducción, traducción y notas de Juan Manuel Navarro Cordón. Madrid: Alianza, 1996.
- Duchesneau, François. *La dynamique de Leibniz*. Paris: Vrin, 1994.
- Elawani, Jeffrey. “*L'application des mathématiques aux phénomènes naturels chez Leibniz*” tesis de Maestría en Filosofía, Universidad de Montreal, 2020. Acceso online: <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/25115>
- Esquisabel, Oscar. “De la cualidad a la cantidad: el proyecto leibniziano de la *Mathesis Universalis*.” *Ápeiron. Estudios de filosofía* 16 (2022): 253-287.
- Esquisabel, Oscar y Raffo Quintana, Federico (2021). “Fiction, possibility and impossibility: Three kinds of mathematical fictions in Leibniz's work”. *Archive for History of Exact Sciences*, 75/6, pp. 613-647.
- Esquisabel, Oscar y Raffo Quintana, Federico (2022). “La doble perspectiva técnica y filosófica de Leibniz acerca de los infinitesimales: un camino hacia la idealidad de lo matemático”. *ÉNDOXA-Series filosóficas*, 50, pp. 33-54.
- Esquisabel, Oscar y Raffo Quintana, Federico. “La ciencia natural en Leibniz: sus fines, su método y la metafísica”. *Revista latinoamericana de filosofía* 50, no. 2 (2024): 261-289.
- Fazio, Rodolfo. “Leibniz on force, cause and subject of motion: from *De corporum concursu* (1678) to the *Brevis demonstratio* (1686).” *Manuscrito* 44, no. 1 (2021): 98-130. <https://doi.org/10.1590/0100-6045.2021.V44N1.RF>
- Fichant, Michel. “Les concepts fondamentaux de la mécanique selon Leibniz, en 1676.” En *Leibniz à Paris (1672- 1676). Tome. 1: Les sciences*, editado por A. Heinekamp y D. Mettler, 219-232. Wiesbaden: Steiner Verlag, 1978.
- Fichant, Michel. “Mécanisme et métaphysique : le rétablissement des formes substantielles (1679).” En *Science et métaphysique dans Descartes et Leibniz*, editado por Michel Fichant, 163-204. Paris: Presses Universitaires de France, 1998. <https://doi.org/10.3917/puf.ficha.1998.01>
- Leibniz, G. W. *Sämtliche Schriften und Briefe*. Berlín (antes: Darmstadt; Leipzig): Walter de Gruyter Verlag (antes: Otto Reichl Verlag; Akademie-Verlag), 2023 y ss.
- Leibniz, G. W. *Escritos filosóficos*. Buenos Aires: Charcas (editado por Ezequiel de Olaso), 1982.
- Leibniz, G. W. *Obras filosóficas y científicas*. Granada: Comares, Volumen 3, “Ciencia General y enciclopedia” (editores: Oscar M. Esquisabel y Manuel Sánchez Rodríguez, 2023).
- Rabouin, David y Arthur, Richard T. W. “Leibniz's syncategorematic infinitesimals II: their existence, their use and their role in the justification of the differential calculus.” *Archive for History of Exact Sciences* 75 (2020): 401-443. <https://doi.org/10.1007/s00407-020-00249-w>
- Raffo Quintana, Federico (2022). “Sobre la fundación del principio de equipolencia en el período parisino de Leibniz”. *Ápeiron - Estudios de Filosofía*, 16, pp. 175-200. Número monográfico: *G. W. Leibniz: Una filosofía de principios* (compilador: Juan Antonio Nicolás).
- Raffo Quintana (en prensa) “Matemática y filosofía natural en Leibniz (1677-1686)”. Aceptado para su publicación el 09/02/2023 en *Daimon*, Revista internacional de filosofía. Publicación en avance: <https://revistas.um.es/daimon/libraryFiles/downloadPublic/12161>
- Smith, Kurt. “*Leibniz on Order, Harmony, and the Notion of Substance. Mathematizing the Sciences of Metaphysics and Physics*.” En *The Language of Nature. Reassessing the Mathematization of Natural Philosophy in the Seventeenth Century*, editado por Geoffrey Gorham, Benjamin Hill, Edward Slowik y C. Kenneth Watters, 229-249. Minnesota / Londres: University of Minnesota Press, 2016. <https://doi.org/10.5749/j.ctt1d390rg>
- Van Dyck, Maarten. “Applying Mathematics to Nature.” En *The Cambridge History of Philosophy of the Scientific Revolution*, editado por David Marshall y Dana Jalobeanu, 254-273. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. <https://doi.org/10.1017/9781108333108.016>