

Determinismo e Indeterminismo: De la Física a la Filosofía

Claudia E. Vanney – Juan Francisco Franck
Instituto de Filosofía, Universidad Austral

La relación entre determinismo y libertad ha estado presente en la reflexión filosófica de todos los tiempos [1]. Diversos pensadores han enfrentado la libertad (o el azar) y la necesidad (o la causalidad) con el fin de analizar si la libertad está presente o no en la conexión entre los procesos y sus resultados, como un modo de diferenciar entre procesos necesarios (o causales) y libres (o azarosos). En el debate sobre el determinismo/indeterminismo de la naturaleza se han utilizado diversas nociones [2-8]. Por un lado, los términos contingencia, aleatoriedad, emergencia, incertidumbre, libre albedrío o libertad, parecen asumir una visión indeterminista de la realidad [9]. Por otro, las nociones de necesidad, causalidad, legalidad, predictibilidad y fatalismo parecen sugerir un enfoque determinista [10-14]. Pero ¿distingue la física entre estas nociones? Si lo hace, ¿de qué modo lo hace? ¿Cómo contribuye la filosofía a la elucidación de estas distinciones?



Si bien la cuestión metafísica del problema del determinismo aparece ya en la antigüedad clásica asociada a la noción de destino inexorable o fatalidad, una cosmovisión determinista con fundamentos teóricos en la física es una comprensión moderna, concebida a partir de los éxitos predictivos de la física de Newton y de la mecánica racional [15]. La mecánica racional comprendió el mundo como un gran sistema de relojería, cuyos estados evolucionan a partir de un estado inicial de un modo inexorable. Uno de los representantes más característicos del determinismo mecanicista fue Laplace, quien formuló hipotéticamente la existencia de una superinteligencia capaz de calcular con la misma precisión lo acaecido y el futuro a partir de una información exhaustiva del universo en un instante cualquiera de su transcurso [16, 17]. El determinismo mecanicista prevaleció en la física sin cuestionamientos hasta fines del siglo XIX, cuando los trabajos de Poincaré manifestaron limitaciones intrínsecas en la predicción de la evolución temporal de algunos sistemas mecánicos. Poincaré demostró que no existe una solución analítica no perturbativa que permita resolver el movimiento de tres cuerpos celestes: si bien con el método perturbativo es posible alcanzar una precisión en la predictibilidad de hasta veinte decimales correctos, este método no puede ofrecer mayor precisión que ésta, porque no converge analíticamente [18].

Así, durante el siglo XX la cosmovisión de la ciencia se alejó considerablemente de la imagen determinista del mundo-reloj, asumiendo nuevas modalidades [19]. Por un lado, la consolidación de la mecánica cuántica exigió una revisión del determinismo clásico al introducir la aleatoriedad en el estrato fundamental de la realidad [20-22]. Por otro, el desarrollo de la física del caos también resultó un obstáculo insalvable para quienes pretendían una predicción unívoca de todo estado futuro en todos los sistemas reales [23, 24].



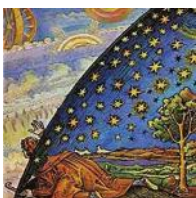
A pesar de sus enormes éxitos predictivos, la mecánica cuántica continúa presentando grandes desafíos a la hora de su interpretación [25-29]. Esta cuestión resulta singularmente relevante para el tema que nos ocupa, pues la respuesta sobre el carácter determinista o indeterminista de la mecánica cuántica depende estrechamente de la interpretación adoptada. Si bien la mayoría de las interpretaciones favorecen un marco indeterminista, tampoco han faltado nuevas interpretaciones deterministas como la de Bohm [30, 31]. En 1964 el teorema de Bell probó que no puede existir una teoría de variables ocultas determinista y local que reproduzca las correlaciones que ésta predice [32]. Los argumentos teóricos de Bell fueron confirmados empíricamente por Aspect poco tiempo después, suministrando elementos de peso en contra de una interpretación determinista y local de los resultados cuánticos [33-35]. Ahora bien, las más recientes interpretaciones indeterministas de la mecánica cuántica, ¿favorecen un indeterminismo epistemológico u ontológico? Más específicamente, ¿introducen estas interpretaciones un indeterminismo ontológico en la microfísica o las probabilidades de la mecánica cuántica son un mero signo de nuestra ingnorancia?

El desarrollo de las ciencias de la complejidad durante el siglo XX también puso fuertemente a prueba el determinismo mecanicista del siglo pasado. Pues la coexistencia -en los sistemas caóticos- de leyes deterministas no lineales, junto con establecimientos inciertos de las condiciones iniciales del sistema físico, ha hecho imposible la predicción unívoca de la evolución temporal de cada una de las muchas partículas de los sistemas reales. Debido a que en estos sistemas el movimiento de las partículas está regido por ecuaciones muy sensibles a las condiciones iniciales, las trayectorias que siguen dos puntos inicialmente muy cercanos divergen exponencialmente (y no linealmente) con el transcurso del tiempo, de manera que pequeñas incertidumbres iniciales son amplificadas exponencialmente en los sistemas caóticos [36-38].



A pesar de esto, todavía sigue siendo posible sostener un determinismo en la dinámica de los sistemas caóticos, aunque exige una interpretación peculiar. Como en los sistemas complejos se pueden predecir estadísticamente de un modo holístico los estados futuros, los procesos aparentemente aleatorios macroscópicamente pueden interpretarse como respuestas de leyes deterministas microscópicas subyacentes, responsables estas últimas de restaurar la dependencia temporal unívoca entre los estados del sistema. Si se considera que la estadística tiene la exclusiva función de permitir el tratamiento de sistemas muy complejos con un número enorme de grados de libertad, la probabilidad podría concebirse como la expresión de nuestra ignorancia acerca de los procesos perfectamente deterministas que siguen un sinnúmero de elementos inobservables[39]. Pero ¿admiten entonces los fenómenos caóticos la coexistencia de un determinismo y de un indeterminismo en diferentes niveles o estratos de la realidad? Si así fuera, ¿cómo debería explicarse esta coexistencia?

Más aún, ¿el predicado 'determinista' se aplica a las teorías, a los modelos científicos o a la naturaleza? Si se aplica a varios de estos ítems, ¿cómo se relacionan los diversos tipos de determinismos? ¿Se implican unos a otros? Algunos autores han intentado llevar a cabo una clasificación de las diversas teorías físico matemáticas en deterministas o indeterministas [40]. Es habitual considerar que las ecuaciones dinámicas de movimiento son deterministas cuando un dado valor de las variables independientes del sistema fijan unívocamente la evolución del sistema físico para todo instante. De manera que el carácter determinista o no de una determinada teoría científica se suele asociar a la posibilidad de encontrar soluciones únicas para las ecuaciones dinámicas: si las soluciones posibles no son únicas, no habría determinismo [41]. Sin embargo, llevar a cabo la clasificación mencionada no resulta trivial, pues en las diversas teorías hay nociones –como la de sistema o la de estado- que no suelen estar definidas con la precisión necesaria para realizarla. Así, incluso dentro de una misma teoría suele quedar abierta la posibilidad de formular legítimamente el determinismo de maneras diversas, siendo relevante un juicio interpretativo para elegir la mejor formulación [42, 43]. Para afirmar el indeterminismo o el determinismo de una teoría científica parecería necesario adoptar una perspectiva epistemológica meta-teórica, y esto requiere avanzar en estudios más profundos de fundamentación de las teorías científicas [44].



La discusión sobre el determinismo/indeterminismo del mundo natural no es una preocupación sólo de la ciencia y de la filosofía, sino que también tiene fuertes implicaciones en la teología natural. Varios autores han enfatizado el hecho de que en la evolución de

los procesos naturales interactúan el azar y la necesidad. Estos pensadores sostienen que las novedades emergen en las fronteras del caos, donde el orden y el desorden se entrelazan sin destruirse uno a otro [45]. El estudio del origen del universo está especialmente abierto a la investigación interdisciplinar [46-48]. Por un lado, las explicaciones de la ciencia intentan reconstruir las distintas etapas evolutivas de nuestro cosmos desde su inicio [49]. Por otro lado, cada tradición religiosa ofrece una doctrina sobre estos orígenes. En la actualidad existen diversos modelos cosmológicos, pero ¿ todos ellos compatibles con la creación divina o algunos modelos la excluyen? En particular, ¿ los modelos cosmológicos deterministas sin una singularidad inicial son compatibles con la doctrina de la creación? Hawking, por ejemplo, sostiene que no es necesario acudir a Dios para explicar el origen del universo, pues para él tanto el Big Bang como la posibilidad de un multiverso serían una mera consecuencia de las leyes de la física [50, 51]. Otros autores, en cambio, afirman que el origen de la existencia implica una relación causal que trasciende a la naturaleza y al método científico [52]. Ellos argumentan también que existe una brecha ontológica en las cosmologías que proponen modelos con fluctuaciones cuánticas o introducen una pluralidad de regiones espacio-temporalmente independientes para describir el origen de las cosas [53, 54]. Por otra parte, un estudio científico de las condiciones bajo las cuales la existencia de un multiverso tiene necesidad lógica es todavía una cuestión abierta para la física matemática [55].

En tiempos recientes el programa de investigación llamado “Perspectivas científicas sobre la acción divina”, ha estudiado cómo la ciencia contemporánea ha apuntado a abrir un tipo de espacio metafísico que permite la acción divina en el mundo natural [56-59]. Para los investigadores de este programa, Dios eligió unas leyes muy específicas con propiedades notables al seleccionar las leyes de la naturaleza. Así, las leyes permiten eventos no sólo por azar, sino por una genuina emergencia de la complejidad en la naturaleza, una emergencia que requiere estas leyes pero que va más allá de un mero despliegue de sus consecuencias. Pero ¿ debe la física reconocer un indeterminismo ontológico para admitir la posibilidad de una acción divina en la naturaleza?

Bibliografía

1. Arana, J., *Los filósofos y la libertad: Necesidad natural y autonomía de la voluntad*. 2005, Madrid: Síntesis.
2. Arana, J., *La libertad, frente a la necesidad y el azar*, in *Naturaleza y libertad. La filosofía ante los retos del presente*. 2005, Sociedad Castellano-Leonesa de Filosofía: Salamanca. p. 17-31.

3. Bishop, R.C., *Determinism and Indeterminism*, in *Encyclopedia of Philosophy*, D.M. Borchert, Editor. 2006, Macmillian Reference: Farmington Hills-MI. p. 29-35.
4. Butterfield, J., *Determinism and Indeterminism*, in *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, E. Craig, Editor 2005, Routledge: London.
5. Loewer, B., *Determinism*, in *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, S. Psillos and M. Curd, Editors. 2008, Routledge: Abingdom. p. 327-336.
6. Vanney, C.E., *Claves para una clarificación terminológica en el debate determinismo-libertad*, in *Metafísica y libertad. Hitos del pensamiento español*, D. González Ginocchio and I. Zorroza, Editors. 2009, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra: Pamplona. p. 87-102.
7. Vanney, C.E., *Indeterminismo científico e indeterminismo antropológico*, in *Natura, Cultura, Libertad Storia e Complessità di un Rapporto*, A. Malo, Editor. 2010, Edusc: Roma. p. 35-45.
8. Vanney, C.E., *Determinismo y temporalidad. Distinciones en un debate actual*. Studia Poliana, 2010. **12**: p. 41-54.
9. Popper, K., *The Open Universe. An Argument for Indeterminism*. 1995, London & New York: Routledge.
10. Andersen, H.K., *Mechanisms, Laws, and Regularities*. *Philosophy of Science*, 2011. **78**(2): p. 325-331.
11. Carroll, J.W., *Laws of Nature*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E.N. Zalta, Editor 2012.
12. Cartwright, N. and S. Efstathiou, *Hunting Causes and Using Them: Is There No Bridge from Here to There?* *International Studies in the Philosophy of Science*, 2011. **25**(3): p. 223-241.
13. Foster, M., *Prediction*, in *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, S. Psillos and M. Curd, Editors. 2008, Routledge: Abingdon. p. 405-4013.
14. Hitchcock, C., *Three Concepts of Causation*. *Philosophy Compass*, 2007. **2**(3): p. 508-516.
15. Dear, G.F., *Determinism in Classical Physics*. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1961. **11**(44): p. 289-304.
16. Laplace, P.S., *A philosophical Essay on Probabilities*. 1951, New York: Dover Publications.
17. Leibniz, G.W., *Escritos en torno a la libertad, el azar y el destino*. 1990, Madrid: Tecnos.
18. Poincaré, H., *Méthodes Nouvelles de la Mecanique Celeste*. 1982, Paris: Gauthier Villars.
19. Montague, R., *Deterministic Theories*, in *Formal Philosophy*. 1974, Yale University Press: New Haven. p. 303-359.
20. Bohr, N., *On the Notions of Causality and Complementarity*. *Science*, 1950. **111**(2873): p. 51-54.

21. Hinshaw, V., Jr., *Determinism versus Continuity*. *Philosophy of Science*, 1959. **26**(4): p. 310-324.
22. Popper, K.R., *Indeterminism in Quantum Physics and in Classical Physics. Part II*. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1950. **1**(3): p. 173-195.
23. Batitsky, V. and Z. Domotor, *When good theories make bad predictions*. *Synthese*, 2006. **157**(1): p. 79-103.
24. Werndl, C., *What Are the New Implications of Chaos for Unpredictability?* *The British Journal for the Philosophy of Science*, 2009. **60**(1): p. 195-220.
25. Born, M., *Statistical Interpretation of Quantum Mechanics*. *Science*, 1955. **122**(3172): p. 675-679.
26. Faye, J., *Copenhagen interpretation of quantum mechanics*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E.N. Zalta, Editor 2008.
27. Bevers, B.M., *Everett's "Many-Worlds" proposal*. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2011. **42**(1): p. 3-12.
28. Lombardi, O. and D. Dieks, *Modal Interpretations of Quantum Mechanics*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E.N. Zalta, Editor. 2012.
29. Smolin, L., *A Real Ensemble Interpretation of Quantum Mechanics*. *Foundations of Physics*, 2012. **42**(10): p. 1239-1261.
30. Bohm, D., *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. I*. *Physical Review*, 1952. **85**(2): p. 166-179.
31. Bohm, D., *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. II*. *Physical Review*, 1952. **85**(2): p. 180-193.
32. Bell, J.S., *On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics*. *Reviews of Modern Physics*, 1966. **38**(3): p. 447-452.
33. Aspect, A., J. Dalibard, and G. Roger, *Expériences Basées sur les Inégalités de Bell*. *Journal de Physique*, 1982. **42**(3): p. 63-80.
34. Aspect, A., *Bell's inequality test: more ideal than ever*. *Nature*, 1999. **398**(6724): p. 189-190.
35. Aspect, A., *Quantum mechanics: To be or not to be local*. *Nature*, 2007. **446**(7138): p. 866-867.
36. Stone, M.A., *Chaos, Prediction and Laplacean Determinism*. *American Philosophical Quarterly*, 1989. **26**(2): p. 123-131.
37. Lombardi, O., *Aspectos filosóficos de la teoría del caos*. 2011, Buenos Aires: Editorial Universitaria Rioplatense.
38. Hobbs, J., *Chaos and Indeterminism*. *Canadian Journal of Philosophy*, 1991. **21**(2): p. 141-164.
39. Lombardi, O., *La teoría del caos y el problema del determinismo*. *Diálogos*, 1998. **XXXIII**: p. 21-42.
40. Earman, J., *A premier on determinism*. 1986, Dorddrecht: Reidel.

41. Wallace, D., *Time-Dependent symmetries: the link between gauge symmetries and indeterminism*, in *Symmetries in physics. Philosophical reflections*, K. Brading and E. Castellani, Editors. 2003, Cambridge University Press: Cambridge.
42. Bishop, R.C., *Anvil or Onion? Determinism as a Layered Concept*. *Erkenntnis* (1975-), 2005. **63**(1): p. 55-71.
43. Lombardi, O., *Determinism, internalism and objectivity*, in *Between chance and choice*, H. Atmanspacher and R. Bishop, Editors. 2002, Imprint-Academic: Thorverton. p. 75-87.
44. Cartwright, N., *The dappled word: A study of the boundaries of science*. 1999, Cambridge: Cambridge University Press.
45. Polkinghorne, J.C., *Order and disorder*, in *Science and creation. The search for understanding*. 2006, Templeton Foundation Press: Philadelphia.
46. Soler Gil, F.J., ed. *Dios y las cosmologías modernas*. 2005, BAC: Madrid.
47. Velázquez, H., ed. *Origen, naturaleza y conocimiento del universo: un acercamiento interdisciplinar*. Serie Universitaria, ed. C.d.a. filosófico. Vol. 171. 2005, Universidad de Navarra: Pamplona.
48. Wildman, W.J., *The Import of Physical Cosmology for Philosophical Cosmology*. *Theology and Science*, 2008. **6**(2): p. 197-212.
49. Sanguineti, J.J., *El origen del universo*. 1994, Buenos Aires: EDUCA.
50. Soler Gil, F.J., *Lo divino y lo humano en el universo de Stephen Hawking*. 2008, Madrid: Ediciones Cristiandad.
51. Hawking, S. and L. Mlodinow, *The Grand Design*. 2010, New York: Bantam Books.
52. Carroll, W.E., *Divine agency, contemporary physics, and the autonomy of nature*. *The Heythrop Journal*, 2008. **49**(4): p. 582-602.
53. Tanzella-Nitti, G., *La creación del universo: filosofía, ciencia y teología*, in *Origen, naturaleza y conocimiento del universo: un acercamiento interdisciplinar*, H. Velázquez, Editor. 2005, Universidad de Navarra: Pamplona.
54. Tanzella-Nitti, G., *Nature and creation: Science and theology on the ultimate questions*, in *Faith, reason and the nature of science*. 2009, The Davies Group Publishers: Aurora. p. 27-54.
55. McCabe, G., *The Non-unique Universe*. *Foundations of Physics*, 2010. **40**(6): p. 629-637.
56. Russell, R.J., et al., eds. *Quantum Mechanics: Scientific Perspectives in Divine Action*. 2001, Vatican Observatory Publications: Vatican City.
57. Russell, R.J., N. Murphy, and C.J. Isham, eds. *Quantum Cosmology and the Laws of Nature: Scientific Perspectives in Divine Action*. 1993, Vatican Observatory Publications: Vatican City.

58. Russell, R.J., N. Murphy, and A.R. Peacocke, eds. *Chaos and Complexity: Scientific Perspectives in Divine Action*. 1995, Vatican Observatory Publications: Vatican City.
59. Silva, I., *Thomas Aquinas Holds Fast: Objections to Aquinas within Today's Debate on Divine Action*. The Heythrop Journal, 2011: p. 1-10.

Modo de citar este artículo: Vanney, Claudia E. y Franck, Juan F. [en línea], "Determinismo e Indeterminismo: De la Física a la Filosofía" (2013), www.austral.edu.ar/filosofia-deteind/determinismo-e-indeterminismo-de-la-fisica-a-la-filosofia/ [fecha de última consulta].