

¿CUÁNTO DURAREMOS?¹

Francisco Claro

*Facultad de Física
Pontificia Universidad Católica de Chile
Santiago, Chile*

Resumen

Cuando se pide a la física que se refiera al destino de la vida sobre el planeta se apela a su capacidad para predecir el futuro. Aquí cuestionamos dicha capacidad y presentamos el concepto de horizonte de credibilidad de la predicción científica, el que acota el alcance de toda afirmación acerca del futuro. En particular, las proposiciones de la cosmología acerca del devenir del entorno material que sustenta la vida humana deben leerse como afirmaciones de alcance acotado, y no como verdades finales.

Abstract

When physics is asked to make a statement of the end of times the issue of its real capability for predicting the future is brought about. Here we question such capability and present the concept of a credibility horizon in scientific prediction, which makes explicit the existence of a limited scope to whatsoever statement about the future. In particular, the propositions of cosmology about the evolution of the material substrate that makes life posible, or about the end of time, must be read as statements of bounded validity and not as a final truth.

¹Conferencia dictada en un seminario de teología en Santiago de Chile. Una versión algo diferente apareció en la revista *Teología y Vida* bajo el título *El fin de los tiempos*.

Para la ciencia es más fácil *explicar* el pasado que *predecir* el futuro.² El mismo discurso se aplica a una y otra situación: los mismos conceptos, principios y leyes. Sin embargo, mientras lo acontecido ya está definido y ante nosotros, el futuro, por definición, no se conoce y pone a prueba el poder y la eficiencia de la física, la cual, en muchas circunstancias sólo podría atinar a establecer probabilidades para los posibles eventos que tendrán lugar. En particular, sobre la evolución del Universo como un todo existe una teoría satisfactoria que cubre desde el primer segundo hasta la época actual. Incluso acerca de lo que aconteció durante ese primer segundo hay consensos importantes, salvo el primer instante, en que las condiciones extremas de densidad y temperatura exigirían una teoría cuántica de la gravedad, aún por construir. Sin embargo, cuando se trata del destino del Universo, sólo conjeturamos escenarios posibles, y en éstos la descripción es sólo global, sin mayores detalles.

Un primer problema para predecir el futuro a largo plazo es la incompletitud del conocimiento actual acerca de las leyes de la naturaleza. La certeza predictiva sólo es alcanzable *si se sabe* que se conocen las leyes de evolución para el intervalo de tiempo relevante perfectamente, de modo que su aplicación permita conocer el futuro con certeza a partir del presente. Hay quienes creen que es posible una teoría final, una teoría de todo, la cual completaría la estructura conceptual y matemática hoy existente, permitiendo comprender con todo el detalle que se desee el Universo en su pre-

²Suponiendo que el presente corresponde sólo a un estado de conciencia. Para un observador toda medición registra eventos del pasado, ya que la información se propaga con velocidad finita. Por ejemplo, la luz que llega a la retina ha demorado un tiempo, por pequeño que este sea, en recorrer la distancia entre el objeto observado y nosotros, de modo que “lo que vemos” ya pasó. Esta realidad es particularmente relevante a la astronomía, puesto que los objetos que observamos en el cielo emitieron su luz hace años, a veces miles de millones de años atrás, revelando así situaciones ocurridas cerca del origen mismo del Universo.

sente, pasado y futuro.^{3,4} La expectativa de que tal teoría exista surge del espectacular y creciente éxito de la física moderna, la cual ha ido conquistando terreno a través de teorías cerradas y completas en su particular ámbito, como es el caso de la electrodinámica cuántica. Ello ha generado la confianza de que las leyes fundamentales que subyacen al Universo sensible, aquellos aspectos de su realidad observables en el devenir cotidiano, ya son conocidas. Sin embargo, la ciencia se ha desarrollado principalmente gracias al descubrimiento, al encuentro con lo *inesperado*, de modo que se podría argumentar la inconsistencia de llegar a afirmar, en algún momento de su desarrollo, que *ya todo se sabe*.⁵

Aparte de esta incompletitud del conocimiento actual de las leyes que rigen el Universo, la predicción que intenta la física es afectada por la ausencia de certeza en los datos acerca del presente, lo que afecta necesariamente su credibilidad. La evolución temporal de un sistema físico está habitualmente gobernada por ecuaciones diferenciales cuya solución requiere de un conocimiento

³Esta postura reduccionista es expuesta *in extenso* por Steven Weinberg en su obra *Dreams of a final theory: the scientist's search for the ultimate laws of nature* (Vintage Books, New York, 1992), aunque también la abordan otros autores como Stephen Hawking (*Historia del tiempo: del Big Bang a los agujeros negros* (Grijalbo, 1988)) y Peter Atkins (*Creation revisited: the origin of space, time and the Universe* (Penguin Books, 1994)). Este último llega a afirmar: "Mientras la poesía estimula y la teología ofusca, la ciencia libera" (en *La imaginación de la naturaleza*, editado por John Cornwell (Editorial Universitaria, 1995), pag. 169).

⁴De tanto en tanto aparecen teorías que alimentan la ilusión de una teoría final, aunque a la fecha no hay evidencia clara de que tal teoría exista. Un ejemplo es la teoría de cuerdas, analizada por P. C. W. Davies y J. Brown en *Superstrings: a theory of everything?* (Cambridge University Press, 1988). Esta obra incluye entrevistas a los más destacados especialistas, incluyendo Steven Weinberg, los cuales opinan acerca de la posibilidad de una teoría final, y que, en particular, ella surja de las supercuerdas.

⁵Afirmar que todo se sabe es imprudente. Para su descrédito, lo hizo en 1900 William Thomson (Lord Kelvin), notable físico inglés cuya restos mortales yacen junto a los de Newton en Westminster Abbey. El mismo año en que Max Planck iniciara la fundamental revolución cuántica Thomson dice: "No queda nada nuevo por descubrir en física; lo único que resta es hacer mediciones más y más precisas".

exacto del presente, las llamadas *condiciones iniciales*. Más allá de la imposibilidad práctica de lograr dicha exactitud a través de mediciones, el requerimiento no se puede lograr *en principio*.⁶ La imprecisión en las condiciones iniciales afecta la evolución de un sistema en diferente medida según su naturaleza o estado. En el ámbito en el cual domina la física cuántica sólo se puede conocer la probabilidad de que un determinado evento tenga lugar. También donde la aproximación clásica, con su concepto de “trayectoria”, es válida, la sensibilidad a pequeños errores en las condiciones iniciales puede ser extrema si el estado es caótico, situación no infrecuente cuando interactúan numerosos objetos, como es el caso de sistemas planetarios o galaxias.

Cada predicción tiene entonces un “horizonte de credibilidad” determinado por la precisión con que se conocen las condiciones iniciales, y a la vista de la incompletitud endógena de nuestro conocimiento actual del Universo y sus leyes. Esta realidad obliga a declarar un rango de incerteza sobre el escenario de futuro que la física entrega, lo que a menudo se obvia.

Así, aun cuando se conocieran con suficiente precisión las condiciones iniciales de modo que se pudiesen integrar las ecuaciones de movimiento hasta el horizonte de tiempo que interesa, queda siempre la incertidumbre acerca de si se consideraron todos los elementos del presente relevantes y se ocuparon las leyes de la física debidamente. Tomemos un ejemplo. Supongamos que, usando el conocimiento actual acerca del sistema solar y su comportamiento, la física nos dice que la Tierra será habitable por cinco mil millones de años más. Esta predicción, bastante gruesa por lo demás, ignora la posibilidad de que un asteroide hoy desconocido y de gran tamaño impacte al planeta produciendo una catástrofe como la que exterminó a los dinosaurios hace 65 millones de años. Ya ha habido

⁶La física cuántica descansa sobre esta imposibilidad, formulada en 1927 por Werner Heisenberg en lo que se conoce como *Principio de Incertidumbre*. Según este principio hay parejas de observables cuyo conocimiento exacto y simultáneo es imposible: mientras mejor se conoce una, más incierta es la otra. Una tal pareja es la dupla posición-velocidad de un objeto, magnitudes fundamentales en las ecuaciones de evolución temporal de Newton y cuyo conocimiento inicial exacto es requerido para predecir eventos con igual exactitud.

falsas alarmas al respecto⁷ y existen estudios técnicos que permiten dimensionar el peligro según el tamaño y velocidad del asteroide “sorpresa”.⁸ La ignorancia de este dato y otros como él arroja una sombra sobre la predicción que la física es capaz de hacer en el largo plazo. Igualmente, si alguna “constante” de la física cambiara con el tiempo en tan largo plazo los escenarios podrían también cambiar substancialmente. La experiencia de lo inesperado y su fuerte impacto sobre la vida personal es abundante e inescapable, y aquí sólo afirmamos que también afecta la credibilidad de las predicciones en física.

Las advertencias precedentes tienen como objeto llamar la atención acerca de los límites de la física en lo que respecta a predecir el futuro, los cuales deben tenerse presente al referirnos al destino de la vida sobre el planeta. Los impresionantes logros de este siglo⁹ incluyen el haber conocido las limitaciones de esta ciencia y el contexto de su aplicabilidad. A pesar de existir estos límites, un uso inteligente de esta ciencia a niveles intuitivos y aun técnicos se ha tornado indispensable para la estrategia de supervivencia de la civilización moderna.¹⁰

La física hace hoy un relato del fin del Universo según el cual son posibles dos escenarios: o se expandirá para siempre, apagándose eventualmente todas las estrellas por término de los procesos que en su interior generan calor, quedando sólo una materia fría, abundante en hierro y esparcida tenuemente en un creciente espacio vacío; o la expansión actual cesará para eventualmente revertirse, aumentando la densidad hasta límites inauditos, y concentrándose toda la materia en un punto de densidad infinita.¹¹ Para definir

⁷Nature **392**, 215 (1998).

⁸Nature **400**, 392 (1999).

⁹Al siglo veinte se le ha llamado más de una vez “El siglo de la física”, como lo recalcan las contribuciones en el libro del mismo título editado por Luis Navarro Veguillas, Tusquets Editores, 1992.

¹⁰F. Claro, *¿Qué pasará el año 2000?*, Terapia Psicológica, **6**, 11 (1997).

¹¹Otras teorías surgidas últimamente, así como detalles acerca del relato actual pueden encontrarse en una variedad de textos técnicos y de divulgación como los mencionados en la Ref. 2, o en el libro del autor *A la sombra del asombro: el mundo visto por la física* (Andrés Bello, 1996); segunda edición.

entre estas dos posibilidades se requiere conocer la cantidad total de materia y su distribución en el Universo, dato que hoy se busca a través de la observación astronómica.¹²

En ninguno de estos futuros parece posible la subsistencia de vida como la conocemos hoy. La cosmología presenta un escenario sombrío para nosotros, que sugiere que ella se extinguirá eventualmente en el tiempo y en el espacio.¹³ Sin embargo, en el vasto campo de la física existe también un esfuerzo importante por comprender no sólo el Universo en gran escala o la materia elemental y sus leyes, sino además la forma en que ella se organiza.¹⁴ Este panorama más complejo permite a físicos, junto a biólogos, psicólogos y otros, especular en torno a formas de supervivencia en medio de la adversidad del entorno material, no concebibles hoy día.¹⁵ No sabemos el verdadero alcance de nuestras capacidades

¹²Este modelo supone que la fuerza que controla la evolución del Universo es exclusivamente la gravitacional, una fuerza que tiende a acercar a los cuerpos masivos. Una reciente observación astronómica [Science **282**, 2156 (1998)] sugiere que podría existir adicionalmente una fuerza repulsiva que se opondría a la gravedad, introducida originalmente por Einstein en sus propias ecuaciones de gravitación, a través de la llamada “constante cosmológica”.

¹³A la luz de lo expuesto al comienzo, esta afirmación es cuestionable y sólo tiene validez seguida de una acotación de cautela, como la que suelen agregar a sus predicciones los científicos políticos cuando garantizan su validez sólo “hasta el próximo sábado”. El fenómeno de la vida es sumamente frágil, y podría sucumbir en breve tiempo ante catástrofes naturales o producidas por el hombre. Una amenaza actual la constituye el calentamiento de la atmósfera por efecto invernadero: ver Time, **158**, 32 (13 de diciembre de 1999).

¹⁴A las formas primitivas de organización, como son átomos, moléculas y cristales, la física ha aportado en el siglo veinte un conocimiento sorprendentemente completo y fecundo. Aun cuando se considera que la vida y la conciencia son territorio de la biología y la psicología, algunos físicos también han usado sus conocimientos y métodos para hurgar en dichos ámbitos, aunque en modalidad bastante especulativa, pero que pudiera cobrar mayor solidez en el futuro. Ver por ejemplo la obra de Roger Penrose *La nueva mente del emperador* (Oxford University Press, 1989; versión en español, Fondo de Cultura Económica, México, 1996), o el volumen **284** de Science, pags. 79–109, dedicado a los sistemas complejos (Abril 2 de 1999).

¹⁵Incluso revistas científicas de primer nivel entran en especulaciones de esta naturaleza, como es el caso del artículo de Bruce Sterling *Homo sapiens declared extinct*, Nature, **402**, 125 (Noviembre, 1999), el cual juega con la idea ficticia

adaptativas al devenir del mundo físico en el largo plazo. Los cinco mil millones de años más que el Sol nos irradiará con suficiente energía para mantener la vida sobre la Tierra, sobre mil millones de veces lo que tomó traer al homo sapiens a la era atómica, es un tiempo tan largo que no podemos siquiera imaginar cómo la humanidad podría evolucionar en ese lapso, qué capacidades de desplazamiento por el cosmos pudiera desarrollar, qué grado de dominio de la naturaleza circundante, aun la propia, pudiera alcanzar, etc.

Lo anterior pretende mostrar que la física hoy no es, ni puede ser, tajante en sus afirmaciones en torno al destino del mundo y del hombre que lo habita. Para el físico como individuo, el nivel de comprensión de la realidad que da la disciplina no es más que una gota en el océano, siendo inescapable el diálogo respetuoso con otras disciplinas, y la apertura, como la de cualquier ser humano, a una dimensión sobrenatural. Así como en civilizaciones primitivas deidades y astros se confunden, hoy la física se enfrenta a preguntas acerca del origen y destino de la materia. Dios entra entonces en el escenario, y los físicos se refieren públicamente a lo trascendente en sus charlas y escritos, preguntándose si la existencia del Universo requirió un acto de creación, o cuál es el ámbito de la libertad individual.¹⁶ Así, esta ciencia, veta afortunada de la filosofía que por su sorprendente eficacia emprendió vuelo autónomo, hoy vuelve a su origen con el caudal acumulado a través de los siglos y se reencuentra con las grandes preguntas que han inquietado a la humanidad desde sus comienzos. Es entonces momento oportuno para retomar el diálogo entre física, filosofía y teología,¹⁷ no para buscar un mayor desarrollo de la primera, sino para replantear las pregun-

de la extinción completa del género humano el año 2380, para ser reemplazado por una variante robótica altamente evolucionada ...

¹⁶Ver por ejemplo P. Davies, *The Mind of God: science and the search for the ultimate meaning* (Penguin Books, 1992), y los textos citados en Ref. 3.

¹⁷Existen valiosas iniciativas en este sentido. Ver por ejemplo *Physics, philosophy and theology: a common quest for understanding*, editado por R. J. Russell, W. R. Stoeger, S. J., y G. V. Coyne (Vatican Observatory, 1988). Una reflexión desde la teología se encuentra en J. Noemi, *Mysterium Creationis* (Teología y Vida, 15, pags. 372-399, especialmente 393-394).

tas fundamentales teniendo al frente el saber adquirido a través del camino, ya largo recorrido, por las tres instancias de reflexión.