

NOTAS CRÍTICAS

¿La desaparición del tiempo? Gödel y las teorías de la relatividad

Henrik Zinkernagel

Un mundo sin tiempo. El legado olvidado de Gödel y Einstein, de PAUL YOURGRAU, traducción de RAMÓN DE LAS HERAS ALFONSO, BARCELONA, TUSQUETS EDITORES, 2007, 272 pp., 17, 31 €.

El título del libro de Yourgrau hace referencia al argumento de Gödel, publicado en 1949 y basado en las teorías de Einstein, de que el tiempo no existe. Más en concreto, Gödel se preguntó: “¿Puede mantenerse de forma consistente la existencia del tiempo, entendido de manera intuitiva, y la verdad de la teoría de la relatividad?” [p. 148]¹. Dado que la respuesta de Gödel (y Yourgrau) a esta pregunta es un rotundo “no” y dado que la teoría (general) de la relatividad es con diferencia el mejor candidato en física de una teoría verdadera sobre el espacio y el tiempo, Gödel estaba dispuesto a afirmar que el tiempo realmente no existe. Además, como el subtítulo indica, Yourgrau considera que este argumento y su conclusión han sido injustamente ignorados durante más de medio siglo.

El libro consta de nueve capítulos ordenados más o menos cronológicamente alrededor de la vida de Gödel. Yourgrau explica en el prefacio [p. 9] que ha intentado que el libro sea accesible al “lector medio” a diferencia de (varias ediciones de) un libro previo de él sobre el mismo tema, dirigido sobre todo a filósofos. Este objetivo de popularización tiene la virtud de que el libro contiene muchos detalles bibliográficos interesantes y curiosos sobre la vida de Gödel (y Einstein) que sin duda facilitan la lectura del libro. Yourgrau escribe bien y hace vívido el drama personal de Gödel desde un estimulante ambiente intelectual en Viena hasta su afiliación al Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, gratificante a través de su amistad con Einstein, pero marcado por una extrema tensión nerviosa y una hipocondría destructiva que al final acabó con su vida. Además, Yourgrau dibuja a lo largo del libro

un mapa intelectual que sitúa bien las contribuciones lógico-matemáticas y filosóficas de Gödel frente a las de pensadores como Kant, Frege, Hilbert, Russell y otros. Por otra parte, todos estos esfuerzos divulgativos por parte de Yourgrau tienen como consecuencia que las primeras 150 páginas funcionan sobre todo como un “preparando el terreno” para el argumento central del libro: la exposición y defensa del argumento de Gödel sobre la irrealidad de tiempo. De hecho, la discusión del argumento de Gödel y su destino posterior en la literatura física y filosófica ocupa tan sólo alrededor de 35 de las 234 páginas del libro (el final del capítulo 6, capítulo 7, más una pequeña parte del capítulo 9).

Hay detalles que son discutibles en la historia que Yourgrau expone sobre las contribuciones más famosas a la ciencia en el siglo XX, que para Yourgrau son el teorema de la incompletitud de Gödel, las teorías de la relatividad de Einstein y el principio de incertidumbre de Heisenberg en la mecánica cuántica [p. 15]. Relacionar los grandes logros científicos con unos pocos individuos es a menudo una simplificación histórica y aunque puede que sea justificada en el caso del teorema de Gödel y (quizás) en el de las teorías de Einstein, no lo es en el caso de la mecánica cuántica (pese a la importancia del principio de incertidumbre de Heisenberg dentro de esta teoría). Además, Yourgrau ejemplifica una tendencia extendida, y equivocada (véase por ejemplo Howard (2002)), de entender las contribuciones de Bohr a la filosofía cuántica como expresiones del más crudo positivismo [pp. 33, 63 y 70]. No obstante, en general, Yourgrau presenta una buena discusión de algunos de los eventos claves en la ciencia del siglo XX, incluida una introducción pedagógica del famoso teorema de Gödel en la lógica. Además el libro puede ser destacado como una fascinante, aunque un poco corta, introducción al campo de la filosofía del tiempo y, en especial, de la relación entre esta rama de la filosofía y la física moderna.

Son varias las tesis que defiende Yourgrau a lo largo del libro. Dos de ellas, que me parecen bien argumentadas y acertadas, son:

1) Una *tesis histórica* que afirma que la relación y amistad entre Gödel y Einstein ha sido injustamente ignorada por los historiadores científicos y del pensamiento (por ejemplo, p. 21).

2) Una *tesis histórico-metodológica* que afirma que Gödel el lógico y Gödel el filósofo seguían el mismo programa —el “programa de Gödel”— que consiste en “...evaluar en qué medida las ideas intuitivas pueden ser captadas mediante conceptos formales” [p. 164]. La realización concreta de este programa se lleva a cabo mediante una búsqueda de casos límites dentro de la teoría en cuestión para presionar la interpretación de unos resultados formales. O, en palabras textuales de Yourgrau: “El método consiste en crear lo que se puede llamar *casos límite*, construcciones formales cuyo diseño las

convierte en tan extremas que limitan, matemáticamente, las posibles interpretaciones intuitivas que admitirán” [p. 150]. De esta forma, Yourgrau entiende que el trabajo de Gödel sobre el tiempo en la relatividad es análogo a su trabajo sobre su teorema de incompletitud, aunque las conclusiones en estos dos casos son opuestas: En lógica, lo formal es insuficiente para captar lo que es intuitivamente verdadero (y, por lo tanto, lo formal se queda corto) mientras que aunque en física lo formal no puede captar nuestro concepto intuitivo de tiempo “...la relatividad es correcta, mientras que el tiempo, en sentido intuitivo, es una ilusión” [p. 176].

Como un corolario a esta tesis Yourgrau entiende [p. 174] que ambas contribuciones de Gödel se caracterizan por enfatizar distinciones que muchos han confundido: entre verdad matemática y demostración formal en lógica, y entre tiempo intuitivo y el parámetro t (tiempo formal) en las teorías de Einstein. Yourgrau seguramente tiene razón en que existen estas analogías entre las dos contribuciones de Gödel, pero es menos claro para mí hasta qué punto los filósofos no han visto la segunda distinción (pese a la mención de Putnam [p. 145] que en 1967 escribió, con las teorías de la relatividad en mente, que “no creo que exista ya ningún problema filosófico sobre el tiempo...”). De hecho, el mismo artículo de Putnam (junto con otro artículo del año anterior de Rietdijk) inauguraba toda una pequeña industria que investiga el aparente conflicto entre el tiempo empleado en las teorías de la relatividad y nuestra noción intuitiva de tiempo (incluida una distinción objetiva entre pasado, presente y futuro y la idea de que el tiempo “fluye” o “transcurre”).

Además, como Yourgrau menciona [p. 147], Einstein mismo era consciente del problema de la compatibilidad entre el tiempo de las teorías de la relatividad y el tiempo de nuestro sentido común (reflejado por ejemplo en discusiones con Carnap) y este problema ha sido enfatizado en muchos trabajos desde entonces (véase abajo). No obstante, es posible (aunque Yourgrau no lo discute explícitamente) que el conflicto en cuestión no fue percibido de forma tan clara hasta los escritos de Gödel.

En cualquier caso, hay otras tesis en el libro que me resultan más problemáticas:

3) Una tesis *histórico-intelectual* según la cual Gödel y Einstein fueron dos seres casi supernaturales y que las contribuciones de Gödel a la física son comparables a las de Einstein. La primera parte de esta tesis está reflejada, por ejemplo, en los siguientes pasajes: “...las dos mentes más brillantes del firmamento científico...” [p. 127] o “[l]os dos compañeros de paseo [Gödel y Einstein] habían marchado hasta ese momento tan por delante del resto de nosotros, que nadie podría decir si eran ellos o nosotros los perdidos” [p. 191]. En varias ocasiones, Yourgrau también indica que Gödel era por lo menos tan “grande” como Einstein, por ejemplo: “[Einstein] iba a agradecer la aparición en Princeton de otro extranjero cuyas excentricidades, si no su genio,

sobrepasaban a las suyas” [p. 125] y “...cuando Gödel se convirtió en Einstein...” [p. 154]. Pese a la indudable importancia de Gödel y Einstein en la historia de la ciencia del siglo XX, la tendencia de Yourgrau a idolatrarlos me parece algo excesiva. Aparte de esto, es difícil “medir” la importancia (relativa) de las contribuciones intelectuales y tampoco está tan claro que merezca la pena hacerlo, pese a la importancia que nuestra cultura delega en ese tipo de ejercicios y pese a que Yourgrau persigue el legítimo objetivo de restituir la importancia de Gödel como filósofo (por ejemplo, pp. 209 y 212).

De acuerdo, como documenta Yourgrau, Einstein valoró mucho las opiniones de Gödel, también aquellas acerca del papel del tiempo en las teorías de la relatividad. Pero Yourgrau entiende, implícita y explícitamente (por ejemplo, p. 147) que sólo Gödel, y no Einstein, llegó a entender a fondo el profundo cambio de la noción de tiempo provocado por las teorías de la relatividad. A mi modo de ver, esto es exagerado. Además, pese quizás a sus intenciones, la tesis sobre la igualdad de importancia en el campo de la física entre Gödel y Einstein no está respaldada por los esfuerzos de Yourgrau en señalar un paralelismo psicológico entre los dos pensadores; por ejemplo “[e]n el pensamiento y en la vida, Einstein se encontró cada vez más emparejado con Gödel” [p.142].

4) Una *cuarta tesis, también histórica*, versa sobre por qué fue ignorado por físicos y filósofos el argumento de Gödel acerca de la irrealidad del tiempo. Yourgrau sugiere tres factores: 1) Algunos astrofísicos influyentes publicaron un artículo donde acusaban (erróneamente, se entiende) a Gödel de haber cometido un error formal. 2) El clima filosófico –sobre todo en los Estados Unidos– dominado por la influencia del segundo Wittgenstein y el análisis del lenguaje (y, por tanto, un escaso interés en problemas ontológicos); y –relacionado con lo anterior– 3) el escaso interés en el trabajo de Gödel por parte de Quine. Estas últimas razones están enfatizadas por Yourgrau cuando dice sobre Gödel: “...su distancia con respecto a la revolución de Wittgenstein [...] combinada con su negativa a rendir homenaje a la figura preeminente de la filosofía analítica contemporánea, W.v.O. Quine, le marcó como un naufrago filosófico” [p. 208].

Hay, sin embargo, otra posible razón que Yourgrau no considera suficientemente, que tanto las premisas como la conclusión de Gödel pueden ser cuestionadas más de lo que Yourgrau admite (véase abajo). En cualquier caso, y sin duda en parte por el trabajo anterior del propio Yourgrau, los filósofos de hoy sí discuten el argumento de Gödel. Pero, en su mayoría, no comparten la conclusión de Gödel (y Yourgrau) acerca de la irrealidad del tiempo. Esto nos lleva a la más o menos explícita tesis de Yourgrau que se refleja en el título del libro:

5) El argumento de Gödel sobre la irrealidad del tiempo es esencialmente correcto, o más bien, hay buenas razones para aceptar tanto las premisas como la conclusión del argumento.

Seguramente esta es la tesis más interesante del libro desde un punto de vista filosófico y voy, por tanto, a centrarme en ella en el resto de este comentario. En resumen, y a grande rasgos, el argumento en favor de la idealidad del tiempo en la formulación de Yourgrau es como sigue [p. 166]:

- i) Dada la “relatividad de la simultaneidad”, no hay un tiempo intuitivo (incluyendo una noción objetiva y universal de pasado, presente y futuro) en la teoría especial de la relatividad.
- ii) En la relatividad general hay (por lo menos algo parecido a) un tiempo intuitivo en ciertos modelos de la teoría, a saber: el tiempo cósmico (cuya definición depende de la distribución y movimiento de la materia en el universo).
- iii) Pero hay también modelos en la relatividad general –los llamados “universos Gödel”– en los cuales no hay tiempo intuitivo ya que existen “curvas cerradas temporales”.
- iv) Aunque el mundo actual *no* parece estar bien descrito por los modelos de Gödel sin tiempo (intuitivo), el hecho de que estos modelos son (físicamente) *posibles* implica que no hay tampoco tiempo (intuitivo) en el mundo real.

En lo que sigue, comentaré algunos aspectos centrales de estas cuatro premisas (y la conclusión contenida en la última de ellas). Como veremos, mientras la premisa ii) y, en menor grado, la premisa iii) son poco controvertidas, tanto la premisa i) como la premisa/conclusión iv) sí son bastante discutibles.

Premisa i):

Gödel entiende que un requisito imprescindible para que el tiempo (y el cambio) sea algo real es el “fluir” del tiempo o lo que él también llama el “lapso objetivo del tiempo” [p. 171]. Ya en 1907, McTaggart argumentó en esta misma línea que sólo se puede hablar de cambio, y por eso del tiempo como algo real, suponiendo lo que él llamó “la serie A”. La serie A describe el tiempo como algo dinámico y contiene la concepción de un “ahora móvil”. Según la serie A, cualquier evento pasa de ser futuro lejano, a futuro cercano, presente, pasado cercano y pasado lejano (en esto consisten los cambios que sufre un evento). Además se entiende que un tiempo –el presente (o el ahora)– es privilegiado con respecto a todos lo demás en el sentido ontológico ya que sólo el presente existe o es real [p. 160; véase también Markosian (2008)]. Por lo

tanto, el “entrar en el presente” para un evento (que hasta entonces ha sido un evento futuro) es también un “llegar a ser real” y esto, a su vez, es a menudo descrito como un “devenir objetivo”. En conformidad con esto, Gödel mantenía que el lapso objetivo del tiempo “...implica un cambio en lo existente...” y “...significa que, o equivale al hecho de que, la realidad consta de una infinidad de capas de ‘ahora’ que vienen a la existencia de manera sucesiva” [p. 165].

Para Gödel (y Yourgrau) el peso ontológico del presente hace que el tiempo descrito en términos de la serie A no sea compatible con la relatividad especial. Es bien sabido que las teorías de Einstein echaron por tierra la concepción Newtoniana de un tiempo absoluto que es independiente del estado de movimiento de un observador. Una consecuencia de esto es la “relatividad de la simultaneidad” según la cual dos acontecimientos A y B (espacialmente distanciados) que son simultáneos en un marco de referencia no lo son en otro marco de referencia que está en movimiento con respecto al primero. Esto significa para Gödel que la realidad no puede ser dividida en “capas de ahora” de forma objetiva y que ningún sistema de estas capas pueden representar el lapso objetivo del tiempo [p. 171].

Es ya un clásico en la filosofía del tiempo (y de la física) que la serie A, y su (normalmente) correspondiente ontología del “presentismo”, es incompatible con la relatividad especial². A diferencia de Gödel (y Yourgrau), sin embargo, pocos comentaristas extraen de esto la conclusión de que el tiempo no existe. Muchos, como Putnam y Rietdijk mencionados arriba, insisten en que la relatividad de la simultaneidad no refuta el lapso temporal objetivo ya que, aunque un intervalo temporal, o una medición de alguna duración, depende de un marco de referencia, todas estas medidas están relacionadas consistentemente a través de las “transformaciones de Lorentz” y, por tanto, no son subjetivas. Para la mayoría de los comentaristas, lo que sí refuta la relatividad de la simultaneidad es la idea de un devenir objetivo, el “llegar a ser real” de un evento. Por tanto, estos comentaristas separan dos ideas que para Gödel eran equivalentes: el lapso del tiempo y el devenir objetivo. Al rechazar la noción del devenir objetivo estos comentaristas abogan por una metafísica alternativa al presentismo –el “eternismo”– según la cual todos los tiempos, y los eventos que se encuentran en ellos, son igual de reales (esta ontología es también llamada “el universo bloque”). Mientras el universo bloque no puede reflejar el “fluir” del tiempo de la serie A, sí recoge lo que McTaggart llamó la serie B, la serie que ordena los tiempos y acontecimientos en las relaciones de antes y después de un modo fijo o estático (por ejemplo, el año 1870 es siempre –o eternamente– antes que el año 1912).

Se sigue de esta discusión que la respuesta que muchos, implícita o explícitamente, han dado al argumento (la primera premisa) de Gödel es que, pese a nuestras intuiciones acerca del pasado, presente y futuro, la serie A no es necesaria para que el tiempo exista: la serie B –que hace el tiempo análogo a una dimensión espacial– es suficiente. Yourgrau comenta y rechaza la re-

puesta del universo bloque como insuficiente para dar cuenta de nuestra noción de tiempo aludiendo a lo raro que sería, por ejemplo “...si uno intentara actuar creyendo que el desayuno de hoy no es más tangible que el de ayer o el de mañana...” [p. 159]. Sin embargo, aunque el “eternismo” no es la ontología más intuitiva, varios filósofos lo han defendido (por ejemplo, en respuesta al notorio argumento de la idealidad del tiempo de McTaggart, véase por ejemplo Savitt (2008)) y es bien sabido que nuestras intuiciones no siempre son la guía más fiable en metafísica. Además, Yourgrau, [p. 160] rechaza sin más la idea de “partes temporales” que a menudo está asociada con el eternalismo, aunque el debate entre “perdurantismo” (que afirma la existencia de partes temporales de los objetos en analogía con sus partes espaciales) y “endurantismo” (que niega la existencia de partes temporales) está todavía muy vigente en filosofía; véase por ejemplo Markosian (2008).

Hasta ahora he señalado algo que también es habitual en la filosofía del tiempo (y de la física) que –de acuerdo con Gödel– la idea de “devenir objetivo” es incompatible con la relatividad especial dado que el tiempo, y sobre todo la simultaneidad, en esta teoría es relativo a un marco de referencia. Sin embargo, incluso esta común conclusión ha sido puesta en duda. Como ha argumentado, por ejemplo, Arthur (2008) [véase también Dieks (2006)], el devenir objetivo no tiene por qué ser incompatible con la relatividad especial, sobre todo si se tiene en cuenta la distinción entre “tiempo de coordenadas”³ y “tiempo propio” que es, por ejemplo, el tiempo según el que algo envejece o el lapso del tiempo para alguien que viaje a través del espacio-tiempo. A menudo, el tiempo propio es caracterizado como el tiempo de coordenadas de un marco de referencia en el que el observador se encuentra en reposo, lo que sugiere que es una noción relativa. Pero el tiempo propio no es relativo sino un tiempo absoluto o invariante (es decir, el tiempo propio, por ejemplo, de un proceso de envejecimiento de un observador, no varía de un marco de referencia a otro ya que es definido independientemente de un marco de referencia como el tiempo calculado (o medido) a lo largo de una determinada trayectoria en el espacio-tiempo)⁴. Arthur [Arthur (2008), p. 210] observa que Gödel comparte con algunos de sus adversarios (Putnam, Rietdijk y otros) la idea de que la duración (o lapso de tiempo) entre, por ejemplo, dos acontecimientos en la vida de una persona, viene dada por la diferencia en el tiempo de coordenadas de algún marco de referencia inercial particular (y, por tanto, *relativo* a un marco de referencia). Pero, como acabo de mencionar, en la relatividad especial, el lapso de tiempo entendido como la duración de algún proceso no está dado por el tiempo de coordenadas sino por el tiempo propio que es el mismo en cualquier marco de referencia (aunque depende de una determinada trayectoria en el espacio-tiempo o “línea de mundo”).

Cabe mencionar que Gödel consideró la objeción a su argumento de que el lapso del tiempo podría ser objetivo aunque relativo a un marco de referencia. Su respuesta, respaldada por Yourgrau [p. 170], era que “[e] con-

cepto de existencia [...] no puede ser relativizado sin destruir por completo su significado”. El punto clave para Arthur [Arthur (2008), p. 210], sin embargo, es justamente que el lapso del tiempo en la relatividad especial, en contra de lo que pensaba Gödel, *no* es equivalente a una concepción de la realidad como una infinidad de capas de ahora relativizada a un marco de referencia. Gödel asumía (y Yourgrau con él) que la relatividad de la simultaneidad implica que ninguna de las “capas de ahora” “...puede reclamar la prerrogativa de representar el lapso objetivo del tiempo” [p. 171]. Pero el tiempo propio sí puede reclamar este estatus ya que no es relativo a un marco de referencia. En otras palabras, no hay que asumir que el devenir objetivo (entendido en un sentido local como rastreado por el tiempo propio) es incompatible con la relatividad especial y, para Arthur [Ibíd., p. 211], “...Gödel’s ‘unequivocal proof’ of the ideality of time falls flat on its face”.

Quizás el que Yourgrau no logre apreciar la distinción entre tiempo de coordenadas y tiempo propio es el origen de su concepción errónea –aunque común– acerca de la validez de la relatividad especial: “Su validez está restringida a los llamados marcos de referencia inerciales, aquellos que no están acelerados y que se mueven en líneas rectas” [p. 160]. Pero, si esto fuera así, ni siquiera se podría formular (ni mucho menos resolver) una de los rompecabezas más famosos contenidos en la teoría de la relatividad especial –la paradoja de los gemelos– en los términos de esta teoría. Esta “paradoja” (que no es realmente tal) afirma que un gemelo que hace un viaje espacial de ida y vuelta a la Tierra, a una velocidad de una significativa fracción a la de la luz, será más joven a la vuelta que su gemelo que ha permanecido en la Tierra. El gemelo viajero no está confinado a un marco de referencia inercial y en particular sufre aceleraciones cuando su nave espacial da la vuelta con rumbo a la Tierra. Aún así, la “paradoja” se formula y se resuelve plenamente dentro de la relatividad especial⁵.

Por supuesto, y para ser justo con Yourgrau, los trabajos de Dieks y Arthur que cuestionan esta parte de la premisa i) son posteriores al libro en consideración. No obstante, la diferencia entre tiempo de coordenadas y tiempo propio y su conexión con el “devenir objetivo” ha sido enfatizada en varias ocasiones (véase por ejemplo la referencia a H. Stein 1968 en Savitt (2008)). En cualquier caso, si Arthur y Dieks tienen razón en que el devenir objetivo no es incompatible con la relatividad especial, el argumento a favor del mundo sin tiempo parece debilitarse desde el principio.

Hasta ahora, hemos visto algunas maneras en las que se puede oponer resistencia a la premisa i): o bien asumir un universo bloque o bien asumir un devenir local rastreado por el tiempo propio (Yourgrau sí considera, y rechaza rápidamente, estas opciones [p. 159], pero la discusión anterior demuestra que hay que andar con más cuidado). No obstante, hay más. Recuértese que Gödel asumía que la serie A es necesariamente parte de nuestro concepto intuitivo de tiempo, ya que algo carente de las características de la serie A

“...difícilmente podría llamarse tiempo” [p. 165]. Pero, incluso si esto fuera así, la pregunta es si es necesario que la simultaneidad tenga que ser *global* para satisfacer nuestras intuiciones temporales.

Desde luego, sería difícil negar que nuestra concepción intuitiva del tiempo contenga las ideas de pasado, presente y futuro y, además, la idea de que estas características del tiempo son objetivas. Pero la cuestión de si forma parte de nuestro concepto de tiempo intuitivo el que estas distinciones no sólo son objetivas sino también globales –o sea, que lo que yo considero presente tiene intuitivamente que ser lo mismo que lo que en la galaxia de Andrómeda consideran presente– es un asunto distinto. Se puede argumentar que todos los habitantes de la Tierra se encuentran, desde un punto de vista práctico en nuestras vidas diarias, aproximadamente en el mismo “plano de simultaneidad” y que, en este sentido, compartimos el mismo “ahora”⁶. Esto cambia si nos movemos con una fracción significativa de la velocidad de la luz o si nos preguntamos, por ejemplo, por el “ahora” en otros planetas de nuestro sistema solar o de fuera de él. Pero es razonable cuestionar que nuestras intuiciones (pre-científicas) acerca del tiempo contengan información sobre semejantes situaciones y por tanto es razonable cuestionar que en este punto haya un conflicto entre nuestras intuiciones temporales y la teoría especial de la relatividad.

Premisa ii):

Aunque la segunda premisa del argumento de Gödel es mucho menos controvertida que la primera conviene apuntar algunas notas al respecto. En primer lugar, y como indica Yourgrau [p. 166], Gödel tiene en cuenta la relatividad general, ya que la teoría especial de la relatividad (como indica su nombre) no es en física la historia completa acerca del espacio y el tiempo. Por eso, una afirmación acerca de la incompatibilidad entre nuestra noción intuitiva del tiempo y la mejor teoría del espacio-tiempo de la física debe ser formulada en los términos de la teoría de la relatividad general.

Si uno insiste en que nuestra concepción intuitiva del tiempo incluye la idea de un “ahora” global o, en palabras de Gödel, que el tiempo intuitivo “...provee un ordenamiento lineal completo de todos los sucesos en la naturaleza” [p. 165], tiene que considerar modelos de la teoría de la relatividad general en los cuales un tiempo cósmico puede ser definido. Como señala Dorato [Dorato (2002), p. 257], Gödel mismo demostró que la ausencia de rotación es una condición suficiente para definir un tiempo cósmico (este tiempo se refiere a una clase privilegiada de marcos de referencia que siguen el movimiento medio de la materia). Por otro lado, Gödel también se dio cuenta de que siempre habrá una cierta ambigüedad en la definición de tiempo cósmico (debido a problemas a la hora de definir la noción de “movimiento medio”, véase Arthur [Ibíd. p. 222]).

Mientras Gödel *podría* haber tomado esta ambigüedad como otro clavo en el ataúd del tiempo intuitivo, Dieks [Dieks (2006), p. 168] saca la conclusión de que el tiempo cósmico es, como mucho, un expediente teórico que no tiene consecuencias para nuestras observaciones y por lo tanto es irrelevante para nuestra experiencia de tiempo (y nuestra idea de un devenir objetivo). Sin embargo, no es necesario aceptar esta conclusión de Dieks como un posible ataque a la (relevancia de la) premisa ii). Porque, aunque el tiempo cósmico parece prácticamente irrelevante para nuestra vida diaria, hay, desde luego, observaciones que pueden ser interpretadas como consecuencias de un tiempo cósmico (por ejemplo, observaciones de la radiación de fondo de microondas que presuntamente tienen su origen en el universo temprano). Además, sólo con respecto a un tiempo cósmico se puede decir que la edad del universo es aproximadamente de 14.000 millones de años.

Premisa iii):

Las ecuaciones fundamentales de la teoría de la relatividad general relacionan (la curvatura del) espacio-tiempo con la distribución y movimiento de la materia. Una solución (o “modelo”) familiar de estas ecuaciones es el de Friedmann, Robertson y Walker, que subyace al modelo del Big Bang. Gödel descubrió en 1949 otra solución (de hecho, una clase de soluciones) de las ecuaciones en la cuál la materia de todo el universo está en rotación, y según la cuál no se puede definir un tiempo cósmico ya que existen “curvas temporales cerradas” [p. 167]. Estas curvas hacen que los viajes a través del tiempo (por ejemplo hacia atrás) sean posibles. Según Yourgrau, Gödel argumentó que si fuese posible, “...regresar al pasado de uno, lo que era pasado nunca pasó en absoluto...” y que “...un tiempo que nunca pasa verdaderamente no puede entenderse como tiempo real intuitivo” [p. 167].

Hemos visto más arriba que, para Gödel, la esencia de un tiempo intuitivo consiste en un tiempo global descrito por la serie A. Por ello, se puede leer la premisa iii) de forma que los modelos de Gödel en la relatividad general excluyan una serie A del tiempo. Sin embargo, dado que, como hemos visto, se puede oponer resistencia a la idea de que la serie A es necesaria para nuestra noción de tiempo, es importante ver que la premisa iii) también es problemática para la serie B (para Gödel, la serie B –ordenando tiempos y eventos en relaciones de antes y después– también es parte de nuestro concepto intuitivo del tiempo [p. 163]). De hecho, como menciona Dorato [Ibíd., p. 262], los “lazos” cerrados también hacen imposible una serie B objetiva (ya que no puede haber una ordenación antes/después si hay lazos cerrados: para dos eventos p y q que forman parte de un lazo así, el evento p estaría tanto antes como después de q). Según Dorato [Ibíd., p. 259] todos los comentaristas han estado en acuerdo con Gödel en que, efectivamente, no hay tiempo (o que el tiempo es ideal) en el mundo posible descrito por la solución de Gödel.

No obstante, la premisa iii) sí puede ser puesta en duda. Porque, como han señalado muchos autores (incluido Einstein mismo), es posible que las soluciones de Gödel –aunque admisibles matemáticamente– no puedan tener el estatus de soluciones *físicas* (o sea, que no representan mundos físicamente posibles) para las ecuaciones de Einstein. Hay maneras triviales pero –como observa Yourgrau– poco convincentes de lograr esto. Por ejemplo, Hawking propuso la “conjetura de protección cronológica” cuya objetivo precisamente era excluir las curvas temporales cerradas en las soluciones de Gödel. Como comenta Yourgrau [p. 175], esta idea es claramente *ad hoc*. Pero aún podría haber razones que justificaran que las soluciones de Gödel no son físicamente admisibles.

Arthur observa que las curvas temporales en la relatividad general representan las trayectorias (posibles) de procesos, y se pregunta con respecto a las curvas temporales cerradas:

“...¿representa una ‘línea de mundo’ que desde P atraviesa Q y vuelve hacia P un proceso posible? Obsérvese que esto supone plantear una cuestión que es ligeramente diferente de la habitual sobre la posibilidad de que uno se encuentre con su yo más joven: Lo que pregunto es, ¿es posible que una línea de mundo continua regresa desde P hacia el mismo suceso P? ¿Podríamos imaginar que un viajero en el espacio, o cualquier otro objeto suficientemente grande como para mostrar signos de envejecimiento, muestra y no muestra esos signos en P? Evidentemente no [Arthur (2008), p. 225 (la traducción es mía)].

Además, arguye Arthur, el mismo concepto de proceso implica que el devenir es asimétrico (por ejemplo, el proceso de envejecer deviene desde una edad menor a una mayor, y no al revés). Esto, afirma, nos da una justificación de la protección cronológica de Hawking: sin ella no sería posible representar procesos en el espacio-tiempo [Arthur (2008), p. 225]⁷.

Cabe mencionar que la insistencia de Arthur en que las curvas temporales (y el tiempo propio) están relacionadas con procesos –y en que el tiempo no es sólo una coordenada en la formulación matemática de las teorías de la relatividad [Arthur (2008), p. 225]– es respaldada por el análisis del concepto de tiempo en Rugh y Zinkernagel (2008), y Zinkernagel (2008). En estos trabajos se argumenta que el concepto (y la existencia) del tiempo está necesariamente relacionado con procesos físicos (en el sentido de que no podemos concebir tiempo sin procesos ni procesos sin tiempo).

Premisa iv):

Si aceptásemos las primeras tres premisas del argumento de Gödel tendríamos como resultado que el tiempo (intuitivo) es ideal en el mundo posible descrito por el modelo de Gödel. El paso hacia la idealidad del tiempo en nuestro mundo actual (que supuestamente no está descrito por el modelo de Gödel) es considerado por Yourgrau como “...el más sutil y elusivo, el que va

de lo posible a lo real” [p. 168]. Como Yourgrau explica, este paso del argumento encaja bien con el platonismo matemático de Gödel que “...conlleva la existencia de un reino de objetos [...] necesarios” y según el cuál “...lo que existe necesariamente no puede existir en absoluto, a menos que exista en todos los mundos posibles” [p. 168]. En el lenguaje de la relatividad general esto significa que –dado que el modelo de Gödel y el modelo de Friedmann, Robertson y Walker, o modelo Big Bang (que supuestamente describe nuestro mundo actual) no son sino dos soluciones de las mismas ecuaciones (de las mismas leyes de la relatividad general) que sólo difieren en la contingente distribución y movimiento de la materia a gran escala– “...no puede ser que, mientras el tiempo no existe en ese mundo posible [de Gödel], esté presente en el nuestro” [p. 169].

Tanto Dieks [Dieks (2006), p. 163] como Arthur [Arthur (2008), p. 223] parecen estar dispuestos a aceptar la premisa de que si el modelo de Gödel fuese físicamente posible, uno podría argumentar que el tiempo no existe en ningún modelo de la relatividad general (pero cuestionan, como hemos visto, el antecedente). Por lo contrario, Dorato [Dorato (2002), p. 265], aun aceptando el antecedente mencionado, apunta que la premisa iv) de tipo metafísico-modal ha sido considerada unánimemente como extremadamente difícil de justificar. No voy a entrar en la disputa entre Dieks/Arthur y Dorato sobre qué parte de la premisa iv) es más débil. Me inclino a estar de acuerdo con los dos primeros autores en la imposibilidad física de un universo tipo Gödel. Pero, desde luego, como Gödel admitió [p. 169], tampoco sería contradictorio asumir que, a fin de cuentas, (por lo menos) algunos aspectos del tiempo podrían ser contingentes y no necesarios. De hecho, en Rugh y Zinkernagel (2008) argumentamos precisamente que la noción de un tiempo cósmico dentro del modelo del Big Bang sí depende de propiedades contingentes de la materia⁸.

En cualquier caso, Dorato [Dorato (2002), p. 265] afirma que la mayoría de los comentaristas del argumento de Gödel consideran preferible entender (o cambiar) la premisa iv) como (a) una versión epistemológica según la cual: a) sería posible tener experiencias temporales en un universo Gödel que sean indistinguibles de las que tenemos en nuestro mundo; b) estas experiencias temporales son la única razón para suponer un lapso objetivo del tiempo; y c), por lo tanto, nuestras experiencias temporales no nos dan ninguna razón para creer que hay un lapso objetivo del tiempo (un tiempo intuitivo) en nuestro mundo (Yourgrau menciona esta lectura epistemológica de la premisa iv) en pp. 177 y 228)⁹. Por supuesto, dicha reconstrucción de la premisa iv) debilita la conclusión de Gödel, ya que ahora no se sigue que el tiempo es ideal sino más bien que no podemos estar *seguros* de que sea real en nuestro mundo. Los méritos de esta reformulación del argumento han sido discutidos, entre otros, por Savitt, Earman y Dorato (véase la discusión y las referencias en Dorato (2002)).

Quizás con la premisa iv) en mente, Gödel mismo parece haberse dado cuenta de que su argumento no era concluyente o, por lo menos, que hacía falta algo más para convencer al mundo de que éste carece de tiempo. Probablemente por esta razón analizó hasta el final de su vida las nuevas observaciones cosmológicas para saber si el universo realmente está en rotación (y así para determinar si nuestro universo es de hecho un universo tipo Gödel). Hasta ahora toda la evidencia cosmológica apunta a que nuestro mundo no es del tipo Gödel. Curiosamente, Yourgrau parece tener más confianza en el argumento de Gödel que su autor ya que concluye el libro señalando que los esfuerzos de Gödel de analizar los datos cosmológicos fueron innecesarios. Porque “[e]n un sentido profundo, está bastante claro que todos nosotros vivimos en el universo de Gödel” [p. 234].

Sin embargo, ante las dudas razonables que uno puede tener acerca de las premisas discutidas arriba, creo que ni la teoría de Einstein ni el modelo de Gödel debería hacernos creer en (o temer) la irrealdad del tiempo. Esto, por supuesto, ni de lejos quiere decir que no merece la pena, como insiste Yourgrau, tomar en serio las consideraciones filosóficas de Gödel acerca del tiempo*.

Departamento de Filosofía I
Universidad de Granada
Campus de Cartuja, E-18011, Granada, España
E-mail: zink@ugr.es

NOTAS

* AGRADECIMIENTOS. Quiero expresar mi agradecimiento a Carl Hoefer por sus comentarios y a María José García Encinas por sus comentarios y ayuda en la corrección del castellano. Por supuesto, cualquier error que persista es mi responsabilidad. Agradezco el apoyo económico proporcionado por el Ministerio de Educación y Ciencia, proyecto HUM2005-07187-C03-03.

¹ Todas las referencias de página que no llevan nombre se refieren al libro de Yourgrau bajo escrutinio.

² Una ontología alternativa, que también se basa en la serie A y el devenir objetivo, es el “posibilismo” según el cuál el pasado y el presente están ya actualizados o determinados mientras el futuro está abierto o es sólo posible; véase por ejemplo la discusión en Savitt (2008).

³ El “tiempo de coordenadas” [*coordinate time*] es un término técnico (el parámetro t) en la teoría de la relatividad que se refiere al tiempo medido desde un sistema dado de coordenadas (en la teoría especial de relatividad este sistema es algún marco de referencia inercial).

⁴ De hecho, el tiempo propio sólo coincide con el tiempo de coordenadas de un

marco de referencia en que el observador se encuentra en reposo si el observador se mueve de forma inercial. Por lo tanto, tiempo de coordenadas y tiempo propio tienen significados muy diferentes. Y, como menciona Arthur (2008), p. 219, igualdad numérica no es identidad.

⁵ La aparente paradoja surge por la relatividad ya que, en vez de decir que el gemelo X se aleja del gemelo Y que se queda en reposo, podríamos igualmente decir –desde el punto de vista del gemelo X– que el gemelo Y se aleja mientras X se queda en reposo. Por lo tanto, ¿por qué el gemelo X envejece menos que el gemelo Y y no al revés? La respuesta está en que las dos situaciones no son simétricas (X está acelerado, Y no) y que los dos gemelos atraviesan diferentes trayectorias en el espacio-tiempo; véase Arthur (2008), p. 317 y también, por ejemplo, Mosterín y Torretti (2007), p. 433.

⁶ Curiosamente, si tenemos en cuenta la relatividad general, hay un sentido en el cuál no compartimos el mismo ahora en nuestras vidas prácticas y diarias, ya que el funcionamiento correcto de los aparatos de GPS –el sistema de posicionamiento global– depende de que sus diseñadores han tomado en cuenta los efectos de la relatividad de la simultaneidad en la teoría de la relatividad general.

⁷ Dieks (2006), menciona otros argumentos que podrían justificar la exclusión física de las curvas temporales cerradas asociadas con el universo de Gödel.

⁸ Como discutimos en este artículo, esto paradójicamente puede implicar que el tiempo cósmico deja de estar bien definido en el universo “muy temprano” ya que las propiedades relevantes de la materia pueden variar drásticamente en el universo muy temprano con respecto a las de ahora.

⁹ Dorato (2002), p. 266, menciona que Gödel podría haber tenido en mente también algo parecido a esta interpretación/reconstrucción de la premisa iv).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHUR, R. T. W. (2008) “Time Lapse and the Degeneracy of Time: Gödel, Proper Time and Becoming in Relativity Theory” en D. Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime II*, Amsterdam: Elsevier, pp. 207-227.
- DIEKS, D. (2006) “Becoming, relativity and locality” en D. Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime*, Amsterdam: Elsevier, pp. 157-175.
- DORATO, M. (2002), “On becoming, cosmic time and rotating universes” en C. Callender (ed.) “Time, Reality & Experience” Cambridge: CUP, pp. 253-276.
- HOWARD, D. (2004), “Who Invented the “Copenhagen Interpretation?” A Study in Mythology”, *Philosophy of Science*, 71, pp. 669-682.
- MARKOSIAN, N. (forthcoming), “Time”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2008 Edition), E. N. Zalta (ed.), forthcoming URL <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/time/>.
- MOSTERÍN, J. y TORRETTI, R. (2007), *Diccionario de lógica y filosofía de la ciencia*, Madrid: Alianza.
- RUGH, S. E. y ZINKERNAGEL, H. (2008), “On the physical basis of cosmic time”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* (en prensa).

SAVITT, S., "Being and Becoming in Modern Physics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2008 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/spacetime-become/>>.

ZINKERNAGEL, H. (2008), "Did time have a beginning?" *International Studies in the Philosophy of Science*, 22:3, pp. 237-258.

ABSTRACT: In this essay review I mainly discuss Yourgrau's defence of Gödel's argument for the irreality of time. I find that the argument rests on several questionable assumptions about time and time's relation to the theories of relativity.

KEYWORDS: *Time, Becoming, Gödel, Relativity, Cosmology.*

RESUMEN: En esta nota crítica trato sobre todo la defensa de Yourgrau del argumento de Gödel a favor de la irrealidad del tiempo. Defiendo que el argumento se basa en varias presuposiciones cuestionables acerca del tiempo y su relación con las teorías de la relatividad.

PALABRAS CLAVE: *tiempo, devenir, Gödel, relatividad, cosmología.*