

Puentes Temporales: entre la ciencia y la imaginación

Temporal Bridges: between science and imagination

U. I. Castellanos-Cervantes^a, J. A. Astorga-Moreno^b y
Mena-Barboza E. A.^c

Resumen / Abstract

El concepto de tiempo, ha sido desde tiempos remotos uno de los mayores misterios para la raza humana, siendo objeto de reflexiones filosóficas, de representaciones místicas, usado dentro del arte y sobre todo, objeto de estudios científicos. Desde la concepción del tiempo en las antiguas culturas, pasando por Newton y hasta Einstein. La palabra tiempo ha generado preguntas sobre su origen, su dirección y sobre todo la posibilidad de manipularlo. La física a través de conceptos que ha venido construyendo (Entropía, Relatividad, Agujeros de Gusano, etc.) ha intentado dar respuesta a estas cuestiones, llegando a limitaciones y paradojas. El presente trabajo aborda un recorrido en torno al tiempo de forma cultural, divulgativa y científica.

Palabras claves: Entropía, Flecha Tiempo, Relatividad, Paradoja Temporal, Agujero de Gusano, Viaje en el Tiempo.

^a Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, Edificio de tutorías e investigación, No. 1115, C.P. 47820 Ocotlán, Jalisco, México. ulises.castellanos7561@alumnos.udg.mx

^b Departamento de Física, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Apartado Postal 14-740, 07000, CDMX, México. jesus.astorga@cinvestav.mx

^c Departamento de Física, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Apartado Postal 14-740, 07000, CDMX, México. eri.mena@academicos.udg.mx

The concept of time has been one of humanity's greatest mysteries since ancient times, inspiring philosophical reflections, mystical representations, artistic expression, and, above all, scientific study. From the ancient cultures' conceptions of time to Newton and Einstein, the word "time" has generated questions about its origin, direction, and, especially, the possibility of manipulating it. Physics, through the concepts it has developed (Entropy, Relativity, Wormholes, etc.), has attempted to answer these questions, encountering limitations and paradoxes along the way. This work offers a cultural, educational, and scientific exploration of time.

Keywords: *Entropía, Flecha Tiempo, Relatividad, Paradoja Temporal, Agujero de Gusano, Viaje en el Tiempo.*

1. EL ANHELO HUMANO DE VIAJAR EN EL TIEMPO

¿Cuántas veces ha deseado usted, aunque sea por una cantidad mínima de tiempo, volver a repetir cierto suceso de su vida para poder cambiarlo?; este deseo es tan antiguo como la humanidad misma que, en su afán de volver realidad este sueño ha explorado los límites de la imaginación y la posibilidad de ver realizado este sueño. Desde las cuestiones filosóficas sobre la naturaleza del tiempo a mano de los grandes pensadores de la Grecia antigua, sus sucesores y muchos de los filósofos contemporáneos pasando por científicos de renombre como Isaac Newton o Albert Einstein. El tiempo ha sido uno de los grandes misterios que aun hoy en día nos desconcierta, ¿qué es el tiempo?, ¿siempre ha existido tal concepto o es solo una invención humana?, ¿el tiempo como tal, tuvo un nacimiento?, ¿el tiempo tendrá un fin? Y sobre todo lo que mas intriga, ¿se puede viajar en el tiempo?.

Diferentes culturas y pensadores a lo largo de la historia humana han tratado de dar respuesta a las preguntas anteriormente planteadas; En la Teogonía de Hesíodo, Cronos se presenta como el titán que se tragaba a sus propios hijos para evitar ser derrocado,

cumpliendo así con la profecía que lo condenaba: “El gran Cronos, tan pronto como cada uno del vientre sagrado de la madre llegaba a las rodillas, los engullía” [1]. Este mito ha sido visto como una alegoría del tiempo: lo que crea, al final, lo consume. Para Aristóteles, hablar del tiempo significa hacerlo no como un concepto independiente de la experiencia común, sino más bien en relación al “movimiento” al “cambio”, todo está en transformación, de ahí que afirmara que si nada cambia el tiempo no pasa, incluso la sensación íntima del tiempo en nuestro interior no es más que el reflejo de un movimiento, esta vez del alma. Aristóteles escribió: “el tiempo es el número del movimiento según el antes y el después” [2].

Por otro lado, y en contraste con la idea del tiempo del mundo occidental, en las culturas orientales el tiempo se percibe como cíclico y eterno; En el hinduismo y el budismo, el universo no avanza hacia un final absoluto, sino que se renueva constantemente a través de ciclos cósmicos llamados yugas o de la rueda del tiempo (kalachakra). Según Mircea Eliade “El hombre religioso de las culturas orientales encuentra seguridad en la repetición, porque nada se pierde definitivamente: todo retorna” [3]. Podemos inferir entonces que, el concepto universal del tiempo no se percibe o define como un concepto de naturaleza intrínseca si no mas bien parece ser “*relativo*”.

Pero esta idea de definir y, por ende, manipular el tiempo (análogo a la frase de S. Hawking “Si entiendes como opera el universo, los puedes controlar, de alguna manera”¹ [4]) ha trascendido más allá de los conceptos filosóficos y religiosos llegando inclusive a la cultura popular. Años antes de la publicación del libro de H.G. Wells “The Time Machine” (1895), un autor español llamado Enrique Gaspar y Rimbau (1842-1902) publicó su novela El Anacronópete en el año de 1887 en el cual presenta una máquina del tiempo llamada “anacronópete” (“el que vuela contra el tiempo”), ésta se considera la primera obra de ciencia ficción en introducir explícitamente una máquina del tiempo, en cierto modo, Wells se hizo más famoso, pero Gaspar fue anterior. El resto de referencias de “Maquinas del tiempo y manipulación temporal” en libros, en obras de teatro, en poemas, en música, en películas, en series, etc., es “historia conocida”. Pero, ¿qué ideas de esta naturaleza respalda la ciencia?, ¿qué sabemos sobre la manipulación temporal?, trataremos de dar respuesta a estas cuestiones en párrafos “futuros”.

1 “If you understand how the universe operates, you control it, in a way”

2. LA FÍSICA DEL TIEMPO: DE LA FLECHA ENTRÓPICA A LA RELATIVIDAD

Vivimos bajo la perspectiva de que la medición del tiempo transcurre desde algo que llamamos presente, hacia una dirección que llamamos futuro. Aquello que recordamos le llamamos pasado, pero, ¿qué determina esta dirección particular del paso del tiempo?.

Ahora imaginemos la situación en que se nos cae un plato de cristal al piso y se rompe, sabemos que es imposible que algún día vaya a regenerarse idénticamente como estaba, es decir es un proceso irreversible o el hecho de que después de mezclar dos bebidas, estas vuelvan a su estado original de manera natural. Probablemente usted podría considerar que los ejemplos anteriores son “triviales” sin embargo, la naturaleza parece ser, en su estado fundamental, más caótica que en el mundo macroscópico donde claramente percibimos una idea, en este caso, de cómo los procesos tienden a tener una dirección, ya que, gracias a los descubrimientos de la física cuántica de principios del siglo XX, se pudo entender que en el estado que podemos definir como “fundamental” los procesos tienden a tener una simetría [5], es decir, no existe una única dirección en la que los sucesos ocurren.

Podemos denominar esta dirección en la que los procesos de fenómenos muestran tendencia como “flecha del tiempo” apoyado por el concepto de entropía [6], usado en termodinámica, el cual está relacionado con el concepto de “desorden” de un sistema (hablando de su composición interna) el cual tiende a pasar de un estado de orden a desorden. Expuesto lo anterior, parecer entonces que, como humanos percibimos que los procesos ocurren de un estado de orden a uno de desorden, es decir, de un estado actual al que denominamos “presente” a un estado posterior que le denominamos “futuro”, la cuestión es, ¿por qué no podemos recordar el futuro?, ¿por qué el universo parece tener una cierta preferencia por la causalidad de pasado a futuro?, y lo más importante, ¿podemos ir en ambas direcciones de este paso del tiempo?, ¿el tiempo es un concepto universal inmutable?.

Difícilmente el nombre Albert Einstein puede pasar desapercibido aún hoy en día, en donde, en medio de tantos avances tecnológicos que nos rodean hasta en las tareas más simples su nombre es evocado aún de manera indirecta. El GPS, los paneles solares, la famosa energía nuclear y hasta la destructiva “bomba atómica” no hubieran sido posibles sin

una de las teorías mas elegantes y hermosas que el humano en su ingenio puedo concebir.... La Teoría de la Relatividad. Fue en 1905 cuando siendo empleado de la oficina de patentes, el joven Albert Einstein de tan solo 26 años de edad, publico uno de las trabajos mas importantes de su vida [7], “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento” el cual, de entre sus postulados mas interesantes, se encuentra el que refiere a la velocidad de la luz como algo constante, es decir, medido por igual por todos los observadores, independientemente de su movimiento, probablemente no suene “impactante” sin embargo, lleva a una de las consecuencias mas curiosas de la naturaleza del tiempo, se estableció que este último, pasa a ser afectado por la velocidad a la que un observador se mueve con respecto de otro, e inclusive, se puede determinar con una sencilla ecuación:

$$t = t_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

donde, $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ es el llamado factor de Lorentz representado por γ (donde $\gamma > 1$), t es el tiempo dilatado, t_0 es el tiempo propio, v es la rapidez del móvil, c es la velocidad de la luz (299,792,458 m/s). Podemos notar que al ser el factor de Lorentz $\gamma > 1$, el tiempo dilatado siempre será mayor respecto de t_0 .

Otra de las consecuencias de las relaciones entre masa y energía relativista es la famosa ecuación $E = mc^2$, la cual, tiempo después de publicarse, serviría como fundamento para explicar el origen de las erupciones nucleares que dan origen a la energía que emana de una estrella, así como para establecer las bases de la famosa “bomba atómica”. Sin embargo, pese a todos los éxitos de la relatividad, aún faltaba resolver el misterio que envolvía a la gravedad y su relación entre otros conceptos con el tiempo. En noviembre de 1915 Albert Einstein presento su Teoría de la Relatividad General en donde, se estableció que lo que conocemos como gravedad es en realidad producto de la curvatura de lo que se denominó “espacio-tiempo” [8], este enunciado fue plasmado matemáticamente en la siguiente ecuación:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

donde, $R_{\mu\nu}$ es el tensor de curvatura de Ricci, R es el escalar de curvatura de Ricci, $g_{\mu\nu}$ es el tensor métrico, $T_{\mu\nu}$ es el tensor de energía-impulso, G es la constante de gravitación universal ($6.67392 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \text{ kg}$). La ecuación (2) puede describirse como “La deformación geométrica del espacio (lado izquierdo) es igual a la densidad energética de la materia (lado derecho)”, ésta también muestra que, en principio, la gravedad o la deformación no es solo en la geometría física sino también en el tiempo, “espacio-tiempo” por tanto, cualquier deformación en uno genera también deformación en el otro, de tal modo que, un observador cerca de un objeto con intensa gravedad puede presentar un desfase en lo que su reloj mediría con respecto a alguien quien se encuentra fuera de ese campo gravitatorio.

Ahora, que pasaría si quisiéramos realizar un viaje al espacio profundo para conseguir un desfase temporal en algún objeto masivo?, ¿cómo sería posible sin transgredir la limitante de la velocidad de la luz?. En los años 80's un físico llamado Kip Thorne, inspirador por una pregunta de su amigo y divulgador científico Carl Sagan, encontró una solución a las ecuaciones de la relatividad de Albert Einstein el cual mostraba como sería posible, utilizando la deformación del espacio-tiempo, construir un puente entre dos puntos distantes del universo sin pasar por alto la limitante de la velocidad de la luz. Esta propuesta de puente o túnel, hecha en los años 30's por Albert Einstein y su colega Nathan Rosen y retomada por Thorne, establecía que un objeto relativamente grande podría pasar a través de la garganta de este puente llamado “Agujero de Gusano” permitiendo un viaje no solo entre puntos del espacio-tiempo sino también entre “universos”. Sin embargo, una de las principales dificultades de esta solución exigía que, para mantener abierta la garganta de este objeto se necesitaba un tipo de energía que, hasta el momento no ha sido detectada, la energía exótica con presión negativa (Figura 1). A pesar de esta limitante, muchos físicos han trabajado arduamente para construir modelos que eviten usar energía exótica, es por esto que existen muchos modelos que en principio han logrado este objetivo e incluso algunos han ido más allá al proponer algo tan radical como la construcción de una “Maquina del Tiempo”.

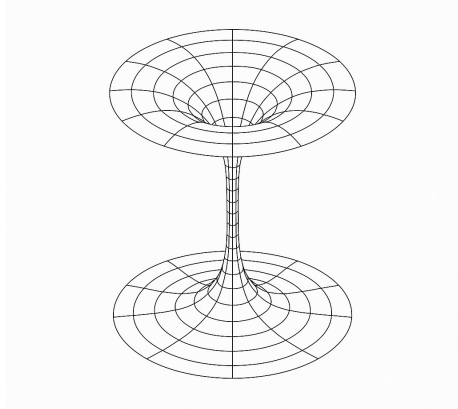


Figura 1 Diagrama de inmersión de un agujero de gusano

(Imagen adaptada de kovalto1. (n.d.). Wormhole wireframe illustration [Imagen]. iStock.)

3. LA MAQUINA DEL TIEMPO

Desde la existencia y popularización de la teoría de la Relatividad Especial y General la concepción tradicional del tiempo cambió radicalmente, permitió no solo apoyar a la imaginación colectiva sobre la posibilidad de cambiar aquellas cosas que deseáramos, como visitar lugares del pasado remoto con los que solo soñamos y ¿por qué no? conocer el destino final de la humanidad. Y es que la relatividad de Einstein mostró que cualquier objeto que se desplace lo suficientemente rápido puede obtener un desfase temporal entre quien viaja dentro de, por ejemplo, una nave espacial, y quién se queda en reposo según la ecuación (1). Tendríamos según el ejemplo anterior la formula para realizar el viaje al futuro, “consiga viajar lo suficientemente rápido (velocidades cercanas a las de la luz) y obtendrá un desfase temporal que le permitirá ser mas joven que la mayoría de sus amigos”. Por otra parte, según la Relatividad General un campo gravitatorio intenso, puede provocar también este desfase temporal (por el llamado principio de equivalencia, el cual a grandes rasgos establece que los efectos de la aceleración son equivalente a los gravitatorios), basta con permanecer cerca de esta campo gravitatorio para que lo que usted cronometre sea más lento que quien lo hace en reposo.

¿Pero que sucede si queremos visitar el pasado?, resulta que esta cuestión es un poco mas complicada de resolver por la cantidad de inconvenientes que los modelos físicos presentan, de

entre ellos se manifiesta la famosa “paradoja del abuelo” de quien mas adelante abordaremos, pero volviendo a la cuestión anterior, en el año 2002 el físico Paul Davies publico un interesante libro llamado “Como construir una máquina del tiempo” [9], en donde Davies brindo un interesante método, basado en la Relatividad de Einstein de cómo sería posible construir tal proeza, aunque advirtiendo que para ello sería necesario contar con un arsenal tecnológico que por el momento no tenemos. Davies señala que lo primero sería crear un agujero de gusano para conectar dos puntos del espacio, aquí Davies menciona que la idea es usar este túnel como “puente” entre la entrada y salida de nuestra máquina. El reto consistirá en mantener este túnel abierto para permitir la transición en este puente, sin embargo, tal como mencionamos antes, este reto solo sería posible teniendo a disposición la llamada “energía exótica” de densidad de energía negativa capaz de generar una presión hacia afuera que mantenga estable este túnel (algunos científicos proponen que este tipo de energía podría ser el llamado “efecto Casimir” que surge de las fluctuaciones cuánticas del vacío).

Según los efectos de la Relatividad de Einstein que abordamos antes, respecto del tiempo, Davies señala que, manipulando el espacio-tiempo, uno de los extremos del agujero de gusano se aceleraría a velocidades cercanas a la de la luz o en su defecto, se colocaría cerca de un campo gravitatorio intenso tal como una estrella de neutrones o cerca de un agujero negro, resultado de esto, se provocaría un desfase de tiempo respecto al otro extremo del agujero de gusano.

Una vez generado este desfase, el agujero de gusano funcionaría como una especie de canal simétrico temporal, es decir, si una nave, por ejemplo, entra por una de las bocas o extremos del agujero de gusano, digamos en el año 2025, podría emerger por el otro extremo en el año 2100 o viceversa, según el sentido del desfase (Figura 2). Sin embargo Davies advierte que, construir un mecanismo como el anterior podría tener limitantes importantes, por ejemplo, según teoriza, los agujeros de gusano podrían ser muy inestables colapsando incluso antes de ser usados, la energía que se necesitaría para mantener abierta la garganta requeriría cantidades inmensas de energía negativa, sin olvidar por supuesto los problemas filosóficos y las paradojas que dichos viajes provocarían.

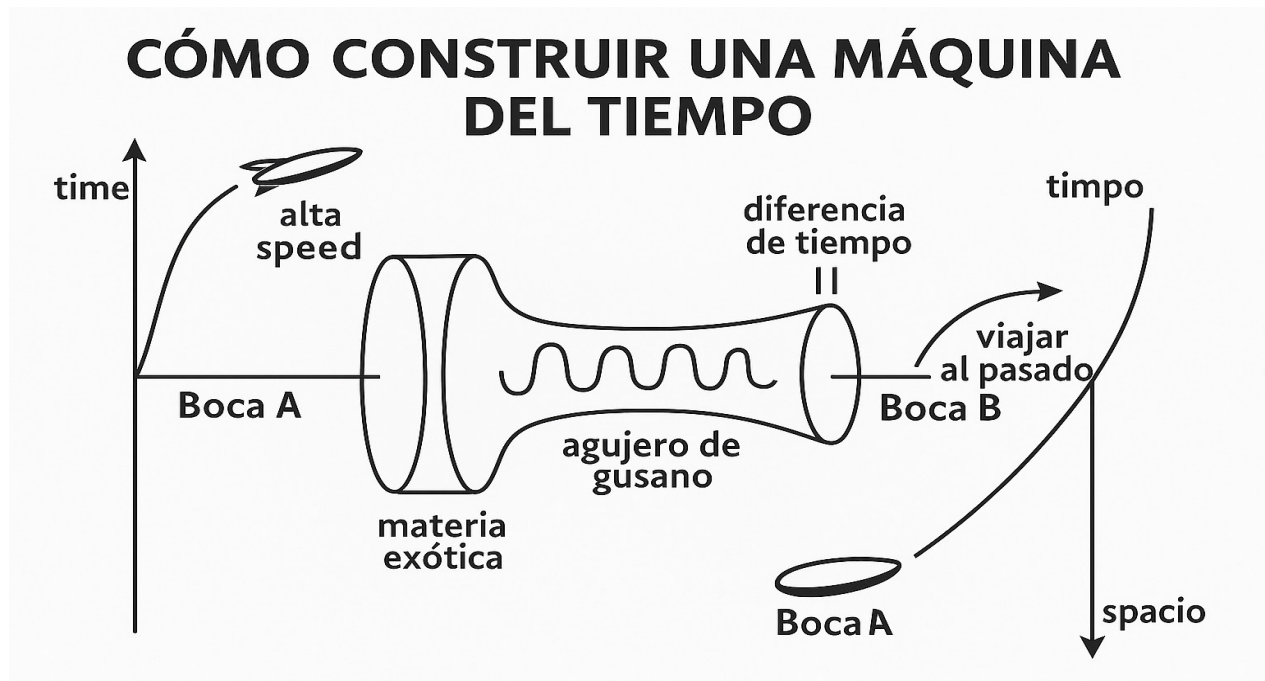


Figura 2 Esquema conceptual de máquina del tiempo mediante agujero de gusano, inspirado en “How to Build a Time Machine “, Paul Davies (2002)

4. PARADOJAS Y LÍMITES: CIENCIA Y FILOSOFÍA FRENTE AL TIEMPO

A lo largo de la famosa trilogía de películas “Back to the Future” el protagonista enfrenta, a pesar de vivir la maravillosa experiencia de viajar en el tiempo, un sinnúmero de problemas y situaciones que muestran las paradojas, el otro lado de los viajes temporales [10]. Una famosa paradoja que se podría presentar en caso de realizar un viaje temporal es la llamada “Paradoja del abuelo” la cual, en términos sencillos consiste en preguntarse, ¿que pasaría si una persona construye una máquina del tiempo, viaja al pasado y mata a su abuelo?, en un principio esto podría no suponer ningún problema, pero, analizando la situación nos encontraríamos varias cuestiones interesantes, por ejemplo, ¿si el viajero del tiempo mato a su abuelo, como pudo nacer el mismo?, si el viajero ya no existe, entonces, ¿quién creó la máquina del tiempo?, estas cuestiones parecen caer en un ciclo infinito de preguntas sin responder lógicamente. Desde luego, algunos físicos se han dado

a la tarea de dar respuesta a estas paradojas, entre ellas esta la atribuida a S. Hawking en donde, a grandes rasgos, menciona que el universo “se protege a si mismo de paradojas” es decir, retomando el ejemplo anterior, en el momento en que el viajero del tiempo decide matar a su abuelo, algo sucede que impide tal asesinato, probablemente el arma con el que planeo dicho suceso falla, o aparece alguien para impedirlo, se arrepiente al momento de cometer el crimen, etc. En pocas palabras, argumenta que todo lo que fué, debe ser así siempre.

Otros físicos proponen que, para dar respuesta a tal paradoja, por cada suceso se crea “otra línea de tiempo” [11,12], esto implicaría que, por ejemplo, existiría una línea de tiempo en la que el viajero nunca mato a su abuelo, otra línea de tiempo en la que mato a su abuelo y por ende el nunca nació, otra línea de tiempo donde conoció a su abuelo y de alguna manera influyo en su propio destino. Un ejemplo cinematográfico muy famoso de esta hipótesis es la que aparece en la película “Back to the future II” donde el Dr. Emmet Brown explica en la pizarra la línea temporal alternativa que desencadenó un suceso (Figura 3). Estos escenarios, derivados de la posibilidad del viaje temporal, aunque especulativos nos muestran los limites del conocimiento humano en la comprensión del tiempo, es decir, ¿podría existir un solo futuro?, ¿de verdad somos libres al tomar decisiones?, ¿el tiempo como tal, es una especie de sustancia o solo una construcción social ligada a la conciencia?, podemos entonces, mencionar que estas cuestiones van más allá de la física y la matemática como un parámetro físico ligado a la condición humana.

Son pues, las paradojas, recordatorios de que nuestros modelos, concepciones y explicaciones ligadas al tiempo, por sofisticados que estos puedan ser, colisionan con los bordes o fronteras de la lógica y la experiencia común. Pensar en descubrir y manipular la naturaleza del tiempo exige sin duda alguna debatir entre el límite de la ciencia, la filosofía y la imaginación.

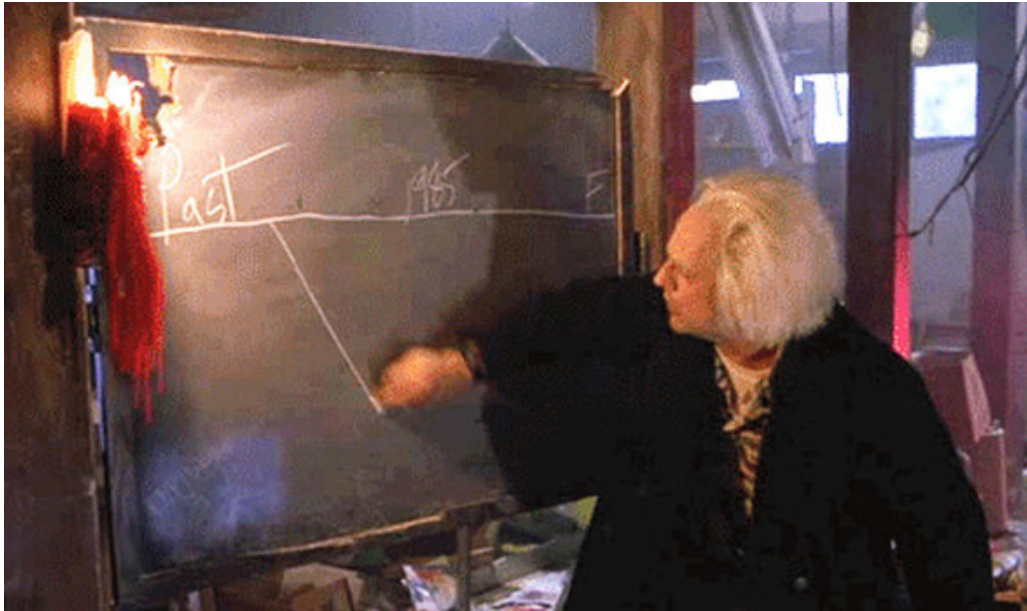


Figura 3 El Dr. Emmett Brown explica la bifurcación temporal en una pizarra.

Escena de la película *Back to the Future Part II* (1989), dirigida por Robert Zemeckis, Universal Pictures.

5. CONCLUSIÓN

¿Qué son, al fin y al cabo, los intentos de comprender el mundo, de manipularlo o de aprovecharlo, sino experimentos de la mente humana por dejar huella en la memoria de los tiempos?, quizás este mismo texto no sea más que otra paradoja, una chispa atrapada en el vaivén de lo que llamamos presente. ¿y si usted, lector, al recorrer estas líneas, encuentra la inspiración para convertirse en el próximo viajero del tiempo, aquel que se atreva a dar respuesta a las preguntas que aquí se han sembrado?

El misterio del tiempo seguirá siendo terreno de debate, con nuevas teorías y descubrimientos, pero también será siempre alimento del arte y la imaginación: motor de películas, canciones, poemas, series de televisión y relatos. Tal vez alguien en el futuro ya conozca las respuestas que hoy apenas trazamos o tal vez esas respuestas nos lleguen desde otra línea temporal. En cualquier caso, solo el tiempo —sea lo que en verdad signifique— tendrá la última palabra.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hesíodo, (1978), Teogonía (P. Vianello de Córdoba, Trad. e introd.), Universidad Nacional Autónoma de México.
- [2] Aristóteles, (1995), Física (T. Calvo Martínez, Trad.), Madrid: Gredos.
- [3] Eliade, M. (2001), El mito del eterno retorno, Madrid: Alianza Editorial.
- [4] Hawking, S. (2013), My brief history, New York: Bantam Books.
- [5] Greene, B. (1999), El universo elegante: Supercuerdas, dimensiones ocultas y la búsqueda de la teoría final, Barcelona: Crítica.
- [6] Rovelli, C. (2017), El orden del tiempo, Barcelona: Anagrama.
- [7] Hawking, S. (1988), Historia del tiempo: Del Big Bang a los agujeros negros, Barcelona: Crítica.
- [8] Thorne, K. S. (1994), Black holes and time warps: Einstein's outrageous legacy, New York: W. W. Norton & Company.
- [9] Davies, P. (2008), Cómo construir una máquina del tiempo, Madrid: 451 Editores.
- [10] Gleick, J. (2017), Viajar en el tiempo: Una historia, Barcelona: Crítica.
- [11] Kaku, M. (1995), Hiperespacio: Una odisea científica a través de universos paralelos, distorsiones del tiempo y la décima dimensión, Barcelona: Debate.
- [12] Greene, B. (2006), El tejido del cosmos: Espacio, tiempo y la textura de la realidad, Barcelona: Crítica.