

## The arrival, la historia de tu vida y los cerebros de Boltzmann, ¿pa' dónde jala el tiempo?

*Francisco J. García-Delgado <sup>a</sup>*

---

### Abstract:

The film "The Arrival" is reviewed, which is based on the book "The Story of Your Life by Ted Chiang", to address the issue of Boltzmann's brains and the principle of minimal action that governs processes such as the refraction of the light. It is important to make the natural sciences in pop culture, as it is a film, due to the need to bring the student society and the general public, the sciences, the examples of the prevailing culture in their daily work

### Keywords:

*Boltzmann brains, principle of least action, timeline*

---

### Resumen:

Se reseña la película "The arrival", la cual está basada en el libro "La historia de tu vida de Ted Chiang", para abordar el tema de los cerebros de Boltzmann y el principio de mínima acción que gobierna procesos como la refracción de la luz. Resulta importante hacer referencias a ciencias naturales en cultura pop, como lo es una película, debido a la necesidad de acercar a la sociedad estudiantil y al público en general a dichas ciencias, mediante ejemplos de cultura imperante en su quehacer cotidiano.

### Palabras Clave:

*Cerebros de Boltzmann, principio de mínima acción, línea del tiempo*

---

Más allá de las discusiones de muchos críticos de cine a científicos y de que Amy Adams se está convirtiendo en la mil usos de Hollywood, mucho más allá de la discusión ñoñeril sobre si esta es una película mejor estructurada que Gravity o Interstellar, considero que nos encontramos frente a una película bastante disfrutable, no sólo por el estilo suavizado del relato de Chiang (un poco más técnico pero no por ello pesado o engorroso). La premisa es de lo más común: "los marcianos llegaron ya" y llegaron para pedir algo. Las implicaciones geopolíticas (más en la película que en la novela), culturales y científicas (en la novela) son abrumadoras, sin más. Obviamente la pregunta ¿estamos solos en el Universo? Ya está respondida al ver los espejos (novela) o moles gigantes (película) detrás de tu porche. La siguiente pregunta ¿es vida inteligente? A pesar de la perogrullada de la misma, valdría la pena contestarla (no en vano vinieron a la Tierra, o sea LA TIERRA, que tiene tipos como Donald Trump o Ann Coulter o Maluma). Se trata de un ejemplo de inteligencia distinta, asombrosa, extraña y si me permiten decirlo: simétrica. Para los octópodos (nombre genérico dado a los extraterrestres) el tiempo no existe como para nosotros, o más bien, no corre en el sentido unívoco en el que corre para nosotros, seres pequeños terrestres con cuerpos completos (referencia patrocinada por Rick & Morty), lo que sigue sería establecer algunas preguntas:

¿Qué es el tiempo para nosotros?;

¿Por qué percibimos el tiempo en una sola dirección?;

¿Podría ser factible y qué implicaciones tendría el poderlo ver en 2 direcciones?

---

<sup>a</sup> Autor de Correspondencia, Escuela Preparatoria Número Uno, Av. Juárez Núm. 1100, Col. Constitución, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

Para intentar responderlas, daré un poco de contexto. El tiempo es difícil de definir, partiendo de nuestra percepción podríamos inferir que se trata de la duración entre 2 eventos cualesquiera, por ejemplo, el paso de la Tierra orbitando al Sol en cierto punto, una vibración (o cantidad de vibraciones) de algún “átomo”, el nacimiento y muerte, la siembra y la cosecha, todos estos podrían ser definiciones de tiempo desde que éramos unos analfabetos pastores de chivas (incluso antes), hasta llegar al día de hoy. Sin embargo, a veces es difícil (más) darle una definición aún más puntual al tiempo desde la perspectiva de dos observadores, que miran al mismo objeto, en este caso, un átomo.

### ¿Cómo varía su percepción?

Aquí es donde entra Ludwig Boltzmann (y por ende, más contexto ñoñístico). Ludwig Edward Boltzmann, fue un físico y filósofo austriaco nacido en Viena, en el antiguo Imperio Austrohúngaro en 1844, el cual desarrolló un cuerpo de conocimientos tan útil que aún siguen siendo base de nuestra formación como científicos. Él fue el primero que propuso el estudio de “colecciones” de partículas (átomos) para poder estudiar sus propiedades mediante cálculos probabilísticos (no espialidosos, chistorete malo) (de nada), en una época en la que aún no se aceptaba a cabalidad la existencia de los átomos. Para esto, el desarrollo industrial de la época había sido un factor desencadenante de las ramas más fascinantes de las ciencias naturales: la termodinámica. Los primeros exploradores de los efectos macroscópicos de los componentes microscópicos (así de increíble es esta rama) de la materia, tuvieron que imaginar y definir conceptos como “trabajo útil”, “energía interna”, “procesos reversibles e irreversibles” y “sistemas” para después entrar con esos conceptos a la definición de otros conceptos nuevos tales como “entalpía” y “entropía”. Aquí es donde Boltzmann, el cual también fue un estudioso fanático de la filosofía, una anécdota cuenta que leyó a Hume en su lengua nativa en la adolescencia, a pesar de no saber ni una sola palabra de inglés – su padre le compró un diccionario para irlo traduciendo poco a poco – aplicó sus notables conocimientos en el área de la probabilidad. Tristemente Boltzmann tuvo un final trágico, su salud siempre fue frágil y además, se rumora un posible caso de bipolaridad, lo que llevó a su suicidio en 1906. Comento esto porque también se rumora que dos de sus debates más famosos lo llevaron a ese desánimo, los cuales fueron científico-filosóficos; el primero con Mach (sí, el de la velocidad del sonido) y el segundo con Loschmidt (sí, el del, bueno otro tipo), acerca de la misma naturaleza y su comportamiento. La pelea con Mach es asunto para otro ensayo: la idea del antagonista se basa en la negación del átomo y la naturaleza “energética” de la materia y todos los fenómenos naturales explicados en torno a intercambios de energía. Loschmidt, por su parte (bueno, por su boca. Chiste patrocinado por Les Luthiers), polemizaba con Boltzmann acerca de la “simetría” aparentemente existente en sus postulados sobre termodinámica. Para entender el punto de Loschmidt, observemos la ecuación:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

Si observamos la expresión  $(a+b)^2$  un binomio al cuadrado, para recordar las épocas de prepa, tiene un desarrollo dado por  $a^2+2ab+b^2$ , pero al ser una igualdad, podríamos decir que  $a^2+2ab+b^2$  puede reducirse a  $(a+b)^2$  proceso conocido como factorización, por lo que la igualdad es simétrica (duh!). Para Boltzmann esta simetría no existe, dado que él definía el tiempo como el intervalo transcurrido en un sistema (una caja de canicas, por ejemplo) en donde existe una variación de entropía. ¿Qué es la entropía? Ésta tiene un par de definiciones similares dependiendo del contexto utilizado, para efectos de explicar este breve escrito, la entropía es la cantidad de desorden de un sistema, en términos de energía. Un ejemplo sencillo sería: la entropía es el esfuerzo que le costaría a Pepito reacomodar su cuarto desde que lo dejó ordenado la última vez. Si el cuarto está relativamente ordenado, es decir, similar al estado inicial, el esfuerzo será poco y viceversa (aunque en ambos casos será en vano porque de todas maneras Pepito hará un desastre). Para Loschmidt un punto en el tiempo es indistinguible, como si viéramos un fotograma perteneciente a una película. Más aún, existe una ley llamada “paridad de partículas” que igual involucra el dilema indistinguibilidad adelante-atrás/izquierda-derecha/arriba-abajo así que el planteamiento de Loschmidt tiene un sustento en la misma estructura natural, pero el argumento de incremento en la entropía es una buena medida de entender el tiempo.

Boltzmann no pudo en vida refutar a Loschmidt o a Mach, incluso hoy en día se sabe que los tres tenían razón, nuevamente dependiendo del contexto, una sola idea general que ayuda a explicar mejor la naturaleza de la realidad misma, lo que pudo concluir y que satisfizo a la mayoría en esa época fue que la entropía aumentaba y que esto podía asociarse al sentido de la flecha del tiempo. Esto puede relacionarse con el llamado “principio antrópico” el cual nos dice que cualquier teoría válida sobre la realidad es congruente con nuestra existencia, es decir “si en un Universo deben verificarse ciertas condiciones para nuestra existencia, éstas quedan verificadas por nuestra existencia”. Este principio ha sido usado muchas veces como un “deus ex machina real” que explica nuestra propia existencia en un sinnúmero de casos (de los cuales habría material para más de un ensayo). Pese a esto, Boltzmann nunca pudo usar su teoría probabilística para concluir que la existencia de algo llamado flecha del tiempo era válida, ya que incluso la existencia como la conocemos,

es un evento altamente improbable, según las propias teorías de Boltzmann en esas épocas. Useless religion fun fact (URFF): esta aparente disconformidad con los principios de Boltzmann y la entropía suele ser usada por algunos religiosillos y con miles de neuronas más que las de Sarah Palin notoria creacionista, fin del URFF.

De estos debrayes filosófico-naturales surge un concepto interesante basado en Boltzmann, el de los “cerebros de Boltzmann” aparentemente acuñado por el astrofísico Arthur Eddington en el siglo XIX, ya que Boltzmann y algunos otros científicos de la época asumían que el Universo se encontraba en un estado de “muerte térmica” es decir, un estado donde la temperatura es homogénea y por lo tanto no hay flujos posibles de energía. La vida, por lo tanto, sería una fluctuación azarosa dentro del universo en muerte térmica. Un Universo ordenado incluso, sería una “pequeña” fluctuación casi imposible, una galaxia, un sistema solar, un planeta, un país, una persona, todos esos serían ejemplos de fluctuaciones caóticas que van aumentando en probabilidad de existir (según Boltzmann). Entonces, para explicar la aparente contradicción de vivir en un Universo de baja probabilidad de existencia, surgió el concepto de “cerebro de Boltzmann” una entidad aún con mayor probabilidad de existir (un cerebro es más pequeño) consciente y con una de recuerdos falsos y lo contrario es casi imposible. Esto es imposible en la realidad y aún detona ciertos debates entre creacionistas de más de dos neuronas, nuevoereros, solipsistas de último minuto y gordos frikis adoradores de la matrix.

Sin embargo, si tanto farsante puede malinterpretar el concepto, podemos aplicarlo a nuestro propio contentillo, los octópodos serían cerebros de Boltzmann, desde su fisiología simple y siendo sus recuerdos, más que falsos, “simétricos” (en ambas direcciones de esa flecha del tiempo tan esquiva en definición). En la novela, Ted Chiang explica esa característica de percepción temporal de los octópodos con otro principio matemático, utilizado por Feynmann muchas veces, pero originalmente planteado por Fermat, el principio de los tiempos mínimos, que es una aplicación para los rayos de luz, del principio de mínima acción donde se describe para un haz de luz cruzando dos medios distintos (aire y agua por ejemplo) (figura 1), se observa que la luz “se tuerce” (todos hemos visto el experimento de la cuchara rota al meterla a un vaso con agua) ¿Por qué se tuerce la cuchara? Porque la luz cambia de dirección, pero ¿Pero por qué la luz cambia de dirección? Para recorrer la mínima distancia en el mínimo tiempo posible, o sea, hay rutas más cortas, pero que implican el recorrido en el medio que más le resta velocidad a la luz. Pero... ¿cómo sabe la luz por dónde pasar? Bueno, eso es parte del trabajo de Fermat aplicado, en algo llamado “Ley de Snell”.

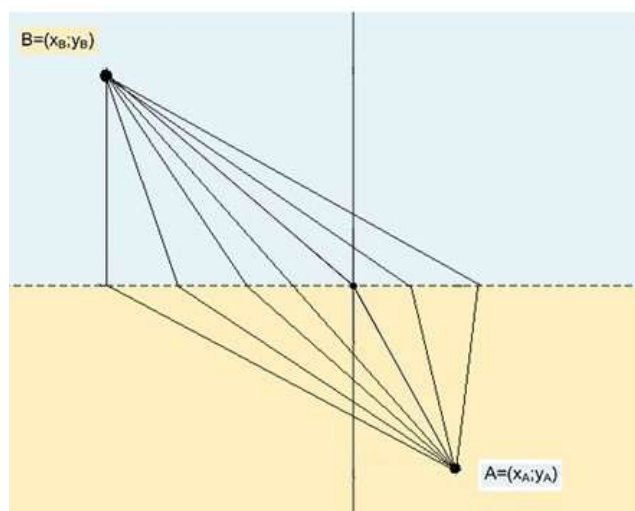


Figura 1. Paso de la luz entre dos medios.

Eso es lo que le plantea Ian (Renner) a Louise (Adams), lo que podríamos concluir es que nosotros somos la luz “normal”: mínimo esfuerzo, un solo camino de A a B, en un solo sentido. Nacemos, crecemos, vivimos o lo que sea que haga la gente mientras termina el posgrado o godinea de manera monstruosa, entonces en mi muy personal hipótesis los octópodos son cerebros de Boltzmann, pero con un par de modificaciones, por ejemplo, el conocer todas las rutas posibles de A a B, las más largas y las más cortas, en ambos sentidos de la flecha del tiempo o sea, sus recuerdos no son falsos, sino son un círculo donde la línea del tiempo guarda un símil con la paridad. En la película, la explicación de la capacidad de los octópodos de saber o poder ver en ambas direcciones viene de una analogía más simple, su escritura circular altamente compleja (lo que casi no se menciona en la novela) el recurso narrativo para explicar el final, un deus ex machina donde la protagonista “lee el final” y retrocede para arreglarlo, si bien es un poco simplón, ha sido ocupado en al menos una de mis series favoritas, el Doctor Who en “la Pandórica se abre/el Big Bang” (más contexto ñoñístico).

Entonces tenemos una definición de la entropía con respecto a la flecha del tiempo, temas que suelen ser elevados, sin embargo, debemos de tomarlos sin miedo y con el contexto adecuado, así como podemos concluir que tanto en la película y la novela, los recursos narrativos son los adecuados para cada uno. Lean ciencia ficción, háganlo por su bien.

## Conclusiones

La ciencia ficción nos permitió dar un marco de referencia a conceptos considerados elevados como lo es la termodinámica y la definición del tiempo y la entropía, aunque sin ahondar demasiado. Sería interesante para docentes y estudiantes el encontrar relaciones entre cultura pop y conceptos usados comúnmente en ciencias naturales, para poder entender mejor o acercar a más personas al quehacer científico, porque estamos llegando a una situación de tecnificación muy compleja, pero pocas personas conocen los principios naturales que rigen a tal tecnificación.

## References

Chiang, Ted (2002). *La historia de tu vida*, Editorial Alamut

Feynman, R. (2016). La Electrodinámica Cuántica. Cuando Un Fotón Conoce A Un Electrón. Feynman. *National Geographic*.

Villeneuve, D. (Dirección). (2016). *The arrival* [Película]