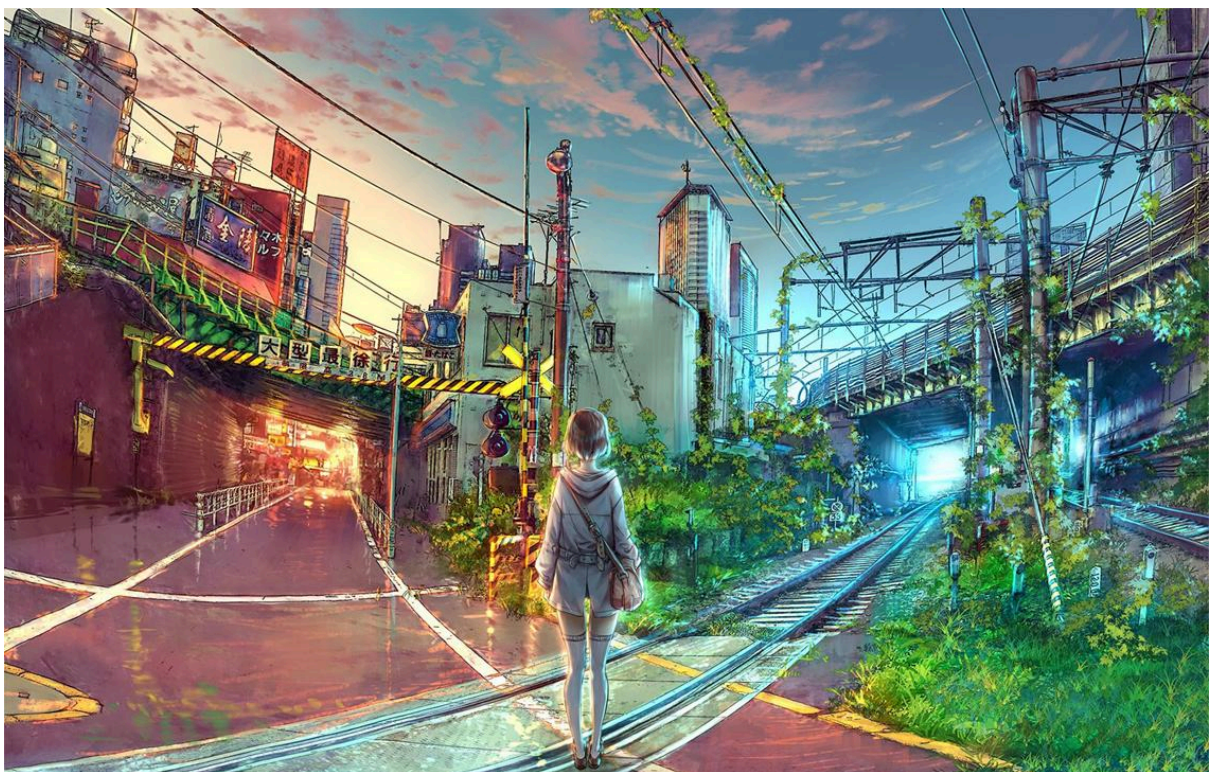


El supeditado albedrío cuántico

por Drey

La libertad, Sancho, es uno de los más preciosos dones que a los hombres dieron los cielos; con ella no pueden igualarse los tesoros que encierra la tierra y el mar: por la libertad, así como por la honra, se puede y debe aventurar la vida.

A lo largo de la historia las **revoluciones sociales** han dado pequeños pasos en pos de la **libertad**. De raza, de expresión, de género, de opinión, de culto, de acción, de enseñanza y manifestación. Pero por encima de todo el ser humano siempre se ha caracterizado por un don fundamental de elección conocido como **libre albedrío**, el cual no pueden arrebatarse ni bajo las peores represiones... ¿o quizás la naturaleza tiene algo que decir?



“En el cruce de caminos”. Por Yuumei Art.

En los **inicios de la filosofía** la práctica totalidad de antiguos pensadores ya observaban la naturaleza y las leyes matemáticas que la regían custodiando la idea de la **inexistencia del azar** y de la **libre elección** del ser humano, siendo ésta una interpretación aparente de nuestra mente y no algo intrínseco a la realidad misma.

Parece ser que algo manifiestamente indudable como la libre elección de los hombres no es tan obvio como podría parecer. Sólo se podría confirmar el supuesto sumiéndose en lo **más fundamental del mecanismo de la naturaleza**, y para ello necesitaríamos herramientas válidas para ir tras esa “verdad”. La tendencia actual para encontrar respuestas de este tipo es la de racionalizar nuestros pensamientos usando la **ciencia** como herramienta y la **filosofía** para profundizar en la conclusión.

Desde que la **filosofía natural** dio luz a la **ciencia** ésta ha demostrado ser una herramienta eficaz para describir el universo. Usando como base fundamental el **lenguaje matemático** (formado a partir de *axiomas lógicos*) hemos creado unas reglas que junto a unas **constantes** que hemos encontrado en el universo han sido capaces de describir el funcionamiento del mismo de una manera muy muy precisa.

CONSTANTE	ABREVIATURA	VALOR
Carga elemental	e	$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante de Avogrado	N	$6.02 \times 10^{23} \text{ moléculas / mol}$
Constante de Boltzman	k	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J / molécula K}$
Constante de Faraday	F	$9.65 \times 10^4 \text{ C / mol}$
Constante de Planck	h	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de Stefan-Boltzman	σ	$5.67 \times 10^{-8} \text{ watt / m}^2 \text{ K}^4$
Constante gravitacional (G)	G	$6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$
Constante universal de los gases (R)	R	8.31 J / mol K
Masa del electrón	m_e	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa del protón	m_p	$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Momento magnético del protón	μ_p	$1.41 \times 10^{-26} \text{ J / tesla}$
Permeabilidad magnética en el vacío	μ_0	$1.26 \times 10^{-6} \text{ Henry / m}$
Permitividad eléctrica en el vacío	ϵ_0	$8.85 \times 10^{-12} \text{ Farad / m}$
Punto triple del agua	T_v	273.16 K
Rapidez de la luz (c)	c	$3 \times 10^8 \text{ m / s}$
Relación carga-masa del electrón	e/m	$1.76 \times 10^{11} \text{ C / kg}$
Relación quantum-carga del electrón	h/e	$4.14 \times 10^{-15} \text{ J s / C}$

Tabla con algunas **constantes físicas** universales que nunca varían y en las cuales se **fija el universo** a modo de cimientos.

Dudo de todo, dudo hasta de que dudo, pero no puedo dudar de que al dudar estoy pensando. "*Pienso, luego existo*" es una máxima filosófica expuesta por **Descartes** y una de las pocas en la que apoyar nuestro **pensamiento racional** y nuestras explicaciones de algo que quizás se escape del entendimiento humano y de nuestra capacidad limitada de llegar a la verdad. Ni siquiera podemos saber si el universo está escrito en **lenguaje matemático** o simplemente hemos inventado un lenguaje muy útil que da la casualidad que es capaz de abstraerse y describir muy bien lo que nos rodea. A título personal creo que podemos y debemos por pura conveniencia e intuición confiar en ellas para **no caer en divagaciones** desde la misma base con preguntas que ni siquiera sabemos si tienen sentido o respuesta. Así pues el **conocimiento empírico** de lo que nos rodea avanza a diario y es un buen punto de partida para poder arrojar un poco de luz a esta cuestión que nos atañe.

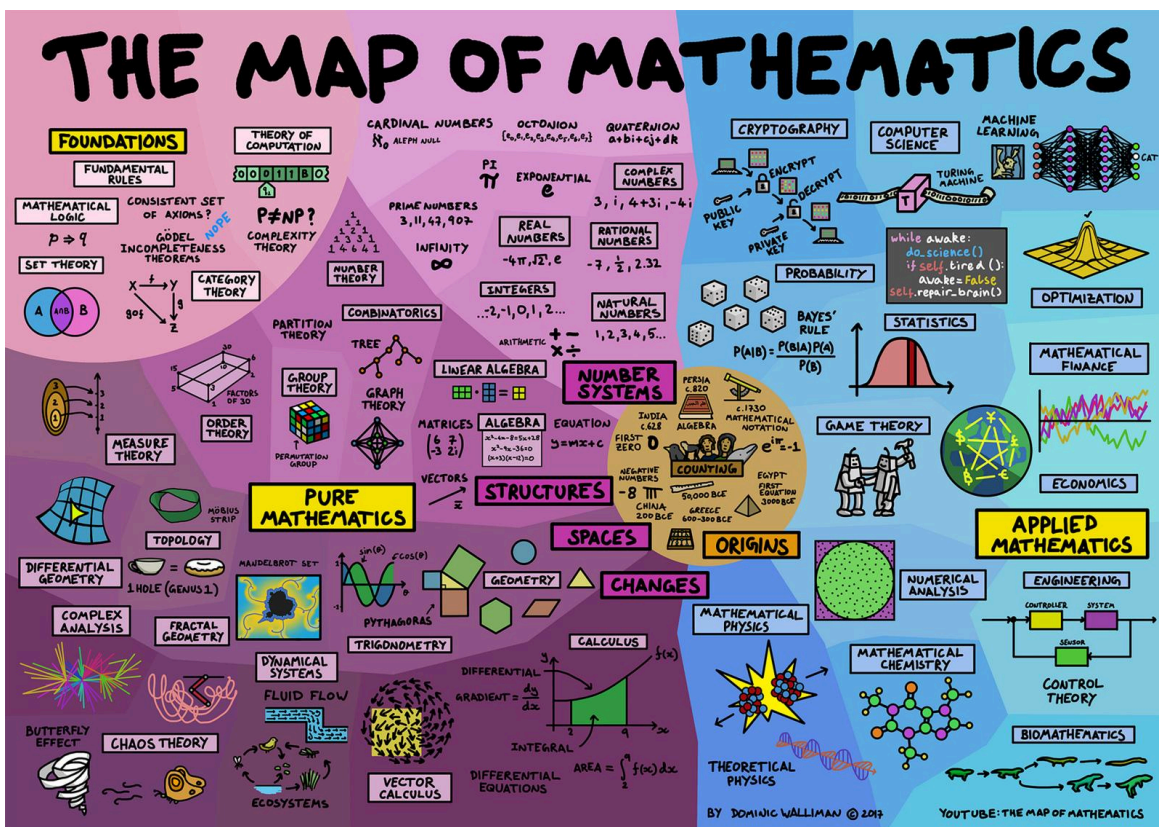
De este enfoque nació el **determinismo científico**. La máxima del *determinismo científico* expone que las trayectorias y las características de todo elemento en el universo están **definidas desde su comienzo** (desde el **Big Bang** en nuestro caso). Este término comenzó a popularizarse en la **física clásica** cuando pensadores como **Pierre-Simon Laplace** expuso textos como el siguiente:

"Hemos de considerar el estado actual del universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del que le ha de seguir. Una inteligencia que en un momento determinado conociera todas las fuerzas que animan la naturaleza, las posiciones momentáneas de todas las cosas del universo, así como la situación respectiva de los seres que la componen, sería capaz de abarcar en una sola fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes y de los átomos más livianos del mundo, siempre que su intelecto fuera suficientemente poderoso como para someter a análisis todos los datos; para ella nada sería incierto, y tanto el futuro como el pasado estarían presentes a sus ojos".

Según la **física clásica** esto es **inequívocamente cierto**. Teniendo la información necesaria, usando las fórmulas correctas y haciendo los cálculos exactos, prácticamente se puede predecir los movimientos de todo elemento del universo; desde los objetos más pequeños hasta los astros más grandes, incluido el funcionamiento de nuestro cerebro, etc... Todo desde su inicio en el *Big Bang* tomó una posición inicial y se rigió por unas leyes matemáticas inequívocas, a partir de ahí cada elemento solo tenía que seguir las órdenes de dichas leyes. Todo lo que ocurrió, ocurre y ocurrirá está determinado desde el inicio y el momento "*tiempo = 0*" por unas leyes fijas.

Si existe dios debe ser un gran matemático.

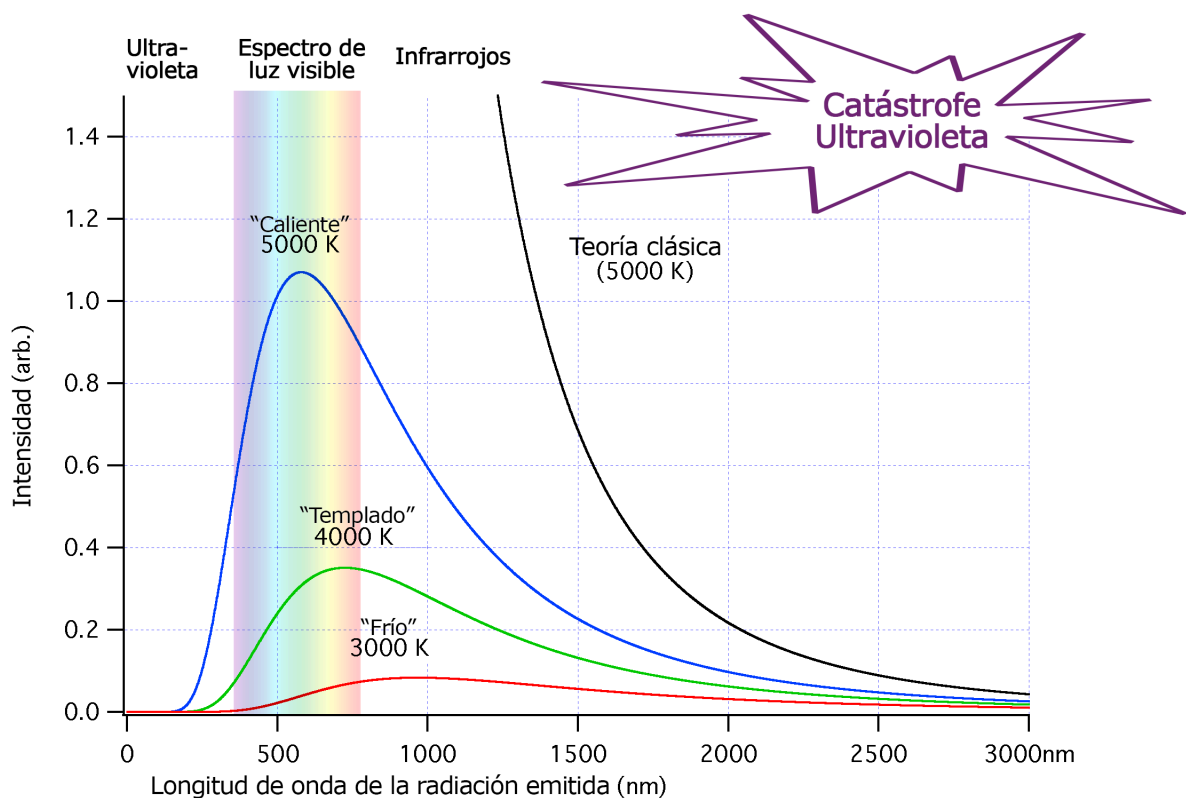
Por lo tanto si ahora **rebobinamos el tiempo** 5 min y le damos al "play" yo haría exactamente lo mismo que ya he hecho, volvería a sentarme aquí a escribir este mismo texto palabra por palabra como si estuviera programado. Mi cerebro formado por neuronas interconectadas entre sí por conexiones eléctricas en un equilibrio químico se rigen a **nivel fundamental** por las mismas leyes físicas que mueven los astros en el cielo o encienden las estrellas (aparte de estar construidas por lo mismo). Por tanto, éstas estarían en el mismo lugar exacto en el que estaban hace 5 minutos e influidas por las mismas **leyes físicas/matemáticas** que me harían actuar de la misma forma. Estaría todo igual: las neuronas harían las mismas conexiones, la misma temperatura alrededor, el mismo aire, gravedad, rozamiento, estímulos... todo desde la escala más grande a la más pequeña interactuando entre sí me llevaría a realizar exactamente las mismas acciones. Como si de una **película rebobinada** se tratara, lo más parecido que hay al **concepto idealizado** de **destino**.



Mapas conceptuales de las principales leyes físicas y matemáticas que rigen el universo. Por Dominic Walliman.

El hecho de que la física clásica es determinista es innegable; aun así cuando la duda parecía zanjada el debate resurgió en el siglo XX cuando un físico llamado **Max Planck** quiso saber por qué los objetos cambiaban de color cuando se calentaban. Como el rojo vivo del cual se colorea un metal al suministrarle calor.

Según la *física clásica* esto ocurre porque los objetos al aplicarle energía parte de esta se liberaba en forma de calor y luz con diferentes frecuencias. La cosa comenzó a ponerse interesante cuando *Planck* vio que en los experimentos que realizaba los resultados no coincidían exactamente con lo que predecía la *física clásica*, tomando estos un desplazamiento hacia otros lugares del espectro en lugar de aumentar de manera exponencial hacia el ultravioleta, a este fenómeno se le conoció como **catástrofe ultravioleta**.



La catástrofe ultravioleta, uno de los primeros fallos que se encontró en la física clásica y el cual dió pie a la física cuántica.

Para resolver este problema pensó en medir la energía en **cantidades indivisibles** a las que llamó **cuantos** (*quantum*) en lugar de medirla de forma continua como se hacía hasta entonces. Sorprendentemente esta manera de enfocarlo encajaba a la perfección con el resultado de los experimentos.

A raíz de este trabajo otro físico despeinado llamado **Albert Einstein** consiguió explicar el **efecto fotoeléctrico**, el cual le otorgó el **Nobel**. Luego un físico llamado **Bohr** usó los mismos descubrimientos de *Planck* para representar su **modelo del átomo**. Desde este punto y viendo que la realidad subatómica tendía a ser cuántica comenzó a **cambiar el paradigma** de toda la física.

Y aquí comienza el jaleo. Un tal **Heisenberg** se dio cuenta que al intentar registrar la trayectoria de una partícula ésta tomaba **posiciones aparentemente aleatorias**, rompiendo así la idea de las trayectorias fijas que se tenía en la *física clásica*. Inclusive se observó que no se podían medir dos magnitudes de una partícula al mismo tiempo. De aquí nació la **Relación de indeterminación de Heisenberg** (también conocida como *Principio de Incertidumbre*).

Pronto se confirmó gracias a un experimento llamado **Experimento de Young** (conocido como *doble rendija*) que las partículas funcionaban de manera aún más errática de lo esperado. A veces los átomos se comportaban como partículas en una posición definida cuando los medías, y sin embargo como ondas cuando no estabas observando. A este fenómeno se le dio el nombre de **dualidad onda-partícula** (u *onda-corpúsculo*), el cual llegó a consternar aún más a los físicos llevándolos a conclusiones metafísicas inquietantes como la de que **el observador influía en el experimento** y que éste **modificaba la realidad** con solo mirarla. Más tarde veremos que no hace falta que haya nadie mirando, no es necesaria la intervención de la mente humana para definir el estado de las partículas como muchas *teorías místicas de sanación cuántica y magia trascendental* van promulgando.

Estas nuevas leyes físicas no dejaban tan claro su *determinismo*, y para colmo estaban a un **nivel de abstracción superior** que la física clásica, y por lo tanto, por encima de ella a **nivel fundamental**. Esto puso patas arriba toda la física separando en dos bandos a *físicos deterministas e indeterministas*.

En esta época fue cuando se escuchó la famosa frase de **Einstein** de: "*El azar no existe, Dios no juega a los dados*", ya que siendo éste *determinista* no podía creerse los **inexplicables y paradójicos comportamientos de las partículas** a ese nivel. Curiosamente intentando demostrar el absurdo de la mecánica cuántica sin querer llegó a ser el padre de la misma, prediciendo comportamientos como el **entrelazamiento cuántico**, expuesto en 1935 por *Podolsky, Rosen y él mismo* en su formulación de la llamada **paradoja EPR**.



Representación artística del entrelazamiento cuántico.

El **entrelazamiento cuántico** es una propiedad en la cual dos partículas pueden estar conectadas entre sí y al medir la característica de una de ellas inmediatamente influye en la otra definiendo una de sus características. Esto rompía el **principio de localidad** expuesto por el mismo **Einstein** (toda la información y propiedades físicas de una partícula debe estar definida en todo momento), ya que la partícula entrelazada definía de forma instantánea una propiedad al intentar mirar su partícula enlazada. Esto también contradecía la propia **relatividad**, ya que aparentemente se transmitía información de forma **instantánea y más rápido que la luz** entre las dos partículas, ¿sino cómo se iba a enterar una partícula de que estaban influyendo en la otra?. De acuerdo a **EPR** se predice un fenómeno (el de la acción a distancia instantánea) pero no permite hacer predicciones deterministas sobre él, por tanto llevó a **Einstein** a exponer que la *mecánica cuántica* era una **teoría incompleta** y que había **variables ocultas** que no habíamos encontrado aún.



Bohr y Einstein en uno de los constantes debates que solían tener sobre las interpretaciones de la mecánica cuántica.

Más adelante la aparente aleatoriedad de las trayectorias de las partículas se solventó aplicando lo que se conoce como **decoherencia**, un **planteamiento probabilístico** en el cual a base de prueba y error se podía determinar que había ciertos caminos "*privilegiados*" o "*preferidos*" por las partículas, por tanto se podía calcular hasta con un 99,999...% de probabilidad el camino que va a tomar dicha partícula, lo que se conoce como "**forzar la trayectoria clásica**", siendo esta trayectoria la que trasciende luego a las *leyes clásicas deterministas* que experimentamos en el *mundo macroscópico*.

El punto de la **dualidad onda-partícula** y el **problema del observador** que influía en el experimento se aclaró cuando **Schrödinger** (el del gato) teorizó que el estado de un sistema físico lo describía su **función de onda**. A partir de esta conclusión se vio que las partículas al ser tan "delicadas" el simple gesto de medirlas con un instrumento perturbaba su función de onda haciéndola **colapsar** y obligándola a adoptar una forma determinada. Este punto está descrito por la famosa **Ecuación de Schrödinger** (que es *determinista*).

Pero cuando parecía que los deterministas ganaban terreno apareció un físico llamado **John Bell**, que tras hacer una revisión de la **paradoja EPR** expuso un experimento para comprobar la **validez de la física cuántica** y los diversos *problemas de localidad* y de las *velocidades superiores a la luz*, lo que se conoció como **Desigualdad de Bell**. Finalmente dieron la razón al **cierto azar intrínseco** que tiene la cuántica a nivel fundamental enterrando de nuevo el *determinismo* y acabando prácticamente con supuestos como el de las **variables ocultas** de **Einstein**.

Pero aun así los deterministas no se rindieron, respondieron con diversas teorías como el **superdeterminismo** o conjeturas como la conocida **ER=EPR**, entre otras muchas.

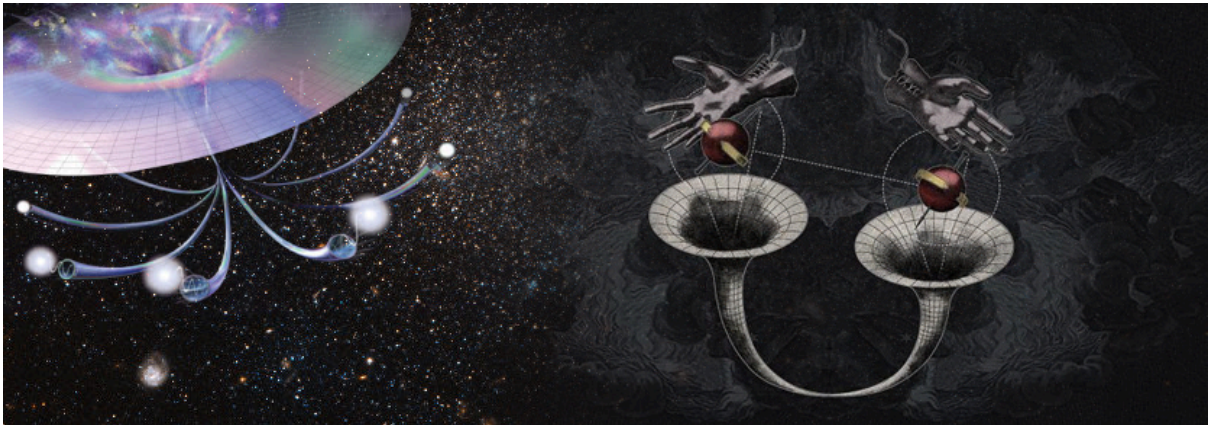
En el **superdeterminismo** se expone un supuesto en el cual se toma el universo como un **sistema de información** usando lo que se conoce como el **Principio Holográfico**, postulando así lo siguiente: Si según el entrelazamiento lo que ocurre en una partícula en un lugar puede depender de lo que ocurre en distancias muy lejanas donde está la partícula enlazada, y suponiendo que el universo es finito, para poder conocer completamente el sistema físico tendríamos que conocer prácticamente la totalidad del universo, en el cual según el *principio holográfico* en su frontera estaría codificado a modo de **información** lo que ocurre en su interior, devolviendo de nuevo el *determinismo* a la escena.

De esta forma si **todas las partículas del universo estuvieran entrelazadas** estarían constantemente afectándose simultáneamente. Esto podría esclarecer la *incertidumbre* de no saber qué hace un electrón en un lugar ya que está siendo afectado instantáneamente por otro que podría estar a años luz de distancia (el cual no vemos). Así se explica también que las partículas interactuaran **más rápido que la luz**, ya que nosotros solo podemos verlo aparentemente a la velocidad a la que la materia o energía puede transmitir dicha información hasta nosotros (la velocidad de la luz) aunque la partícula sea prácticamente instantánea (no rompiendo así ninguna ley física). Este punto habría puesto muy feliz a **Einstein**, pero por desgracia no llegó a verlo :/

A raíz de esta nace una conjetura que se conoce como **ER=EPR**. Esta de manera más especulativa postula un supuesto en el cual si el universo tiene materia y energía constante que ni se crea ni se destruye en un sistema cerrado, y conociendo la posibilidad teórica de que se podría perder información si la materia o energía cae

dentro de un agujero negro, ¿qué pasaría con esa información que perdemos dentro del agujero negro?.

La **holografía** codifica la información de un volumen de espacio en su frontera. Aplicando esto a los **agujeros negros**, lo que entra por el **horizonte de sucesos** de dicho agujero negro no debería tener contacto con el interior del mismo ya que se perdería información. Por tanto todo lo que hay en el interior del agujero negro tendría que estar entrelazado con el exterior mediante lo que se podría llamar "**agujeros de gusano**".



Representación artística de conexiones del interior de agujeros negros con el exterior mediante agujeros de gusano.

Lo que vemos como **entrelazamiento cuántico** entre partículas sólo son manifestaciones de "*agujeros de gusano*" y de partículas entrelazadas que son en realidad la misma partícula que está oscilando constantemente entre los extremos del agujero de gusano. Así se explica que las partículas interactúan **más rápido que la luz** gracias a los *agujeros de gusano* y otorgando determinación a la realidad. Aunque esta conjetura suene a locura está bien fundamentada y firmada por **Susskind** y **Maldacena**, grandes teóricos de la cuántica y padres del **principio holográfico** e hipótesis de **teorías del todo... ¡respect!**

En el caso de que el **universo fuera infinito** hay otras explicaciones que abarcan desde **universos paralelos** a **multiversos holográficos** para **evitar el azar**. Antiguamente hablar de *universos paralelos* terminaba de manera instantánea con tu carrera de *físico teórico*, pero hoy día es un objeto de estudio válido habiendo muchas hipótesis fundamentadas enfocadas a estos campos.

En resumen, en el mundo **macroscópico** parece que la realidad que experimentamos es **indeterminada y azarosa**, pero es **determinista** a nivel físico. Por otro lado a nivel **subatómico** es en su totalidad **determinista**, aunque en lo más fundamental parece tornarse **indeterminada**. A día de hoy aún continúa el debate y dudo mucho que haya consenso hasta que no consigamos ir más profundo en el entendimiento de la física del universo. Solo nos queda seguir desentrañando el fascinante funcionamiento de la realidad y maravillarnos con lo que nos muestre.

	Determinista	Indeterminista	¿?
Mundo macroscópico (Física clásica)	●	●	●
Mundo subatómico (Física cuántica)	●	●	●

Marcador actual de determinismo vs indeterminismo. Gana la incertidumbre.

Como fuere el **enfoque trascendental** de conocer si es o no determinista la realidad o si realmente nuestras acciones son libres no debería afectarnos en nuestro optimismo a la hora de mirar al mundo. Conozco a muchos que no querrían aceptarlo siendo éste para mí un **enfoque erróneo**, al fin y al cabo la realidad que vivimos sigue siendo la misma que siempre hemos experimentado, con las mismas posibilidades casi infinitas de disfrutarla y en la cual, a nivel práctico, tus procesos mentales y **percepción siguen siendo azarosos en tu experiencia**.

Por otro lado es inevitable que esto no afecte en todos los sentidos a las mismas **bases del pensamiento humano**, no sé qué nivel de importancia tendría el conocer esta verdad como motivo o sentido vital en las personas. Aun así queda formulada la pregunta, ¿llegaremos a desentrañar el funcionamiento determinado de lo más fundamental de nuestra naturaleza? quién sabe, seguramente y por la propia naturaleza de los **descubrimientos científicos** nunca lo sepamos, encontrándonos siempre con nuevas fronteras... siento dejaros más preguntas que respuestas.

"La vida estaba predestinada, no fue casualidad, solo un paso más en la escala de la complejidad".
Ozelot

SPOILER: Yo personalmente y entre cierta *incertidumbre* me decanto más por el determinismo.

Información extra:

<http://www.cuevadelobo.com/es-dios-taoista-por-raymond-smullyan/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Superdeterminism>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Determinism>

https://en.wikipedia.org/wiki/Double-slit_experiment

https://en.wikipedia.org/wiki/Wave%E2%80%93particle_duality

https://en.wikipedia.org/wiki/EPR_paradox

<https://en.wikipedia.org/wiki/ER%3DEPR>

https://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_principle

https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_catastrophe

https://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_principle

https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement

https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_variable_theory

https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_decoherence

https://en.wikipedia.org/wiki/Bell%27s_theorem