

HACIA LA TEORIA DE LA UNIFICACION

Modelo Estándar, 5 teorías de cuerdas y la Teoría M

Extraído del ensayo “El origen del universo”. Por Luis Álvarez

Una de las preocupaciones de los científicos ha sido siempre encontrar teorías que abarquen ideas anteriores y las unifiquen de manera simple. Eso hizo **Newton**: de su ley de gravitación y las demás leyes de **Newton** se pueden deducir las leyes de **Kepler**. **Maxwell** unificó las leyes del magnetismo y electricidad. Con la Teoría de la Relatividad general **Einstein** generalizó la ley de gravitación de **Newton**.

1 Einstein intentó una teoría de unificación de las cuatro fuerzas fundamentales

Es sabido que Einstein intentó toda su vida encontrar una teoría de unificación de las cuatro fuerzas fundamentales, que incluyera la gravedad, pero murió sin conseguirlo. Existen cuatro fuerzas fundamentales en el universo: gravedad, el **electromagnetismo** y las **interacciones fuerte y débil**. Cada una de ellas es producida por partículas elementales que actúan como portadoras de la fuerza.

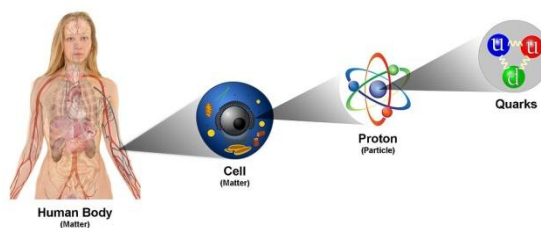
- La Interacción fuerte une los **quarks** dentro de los **protones** y **neutrones** y garantiza la estabilidad de los núcleos de los átomos.
- La interacción débil es responsable de los procesos de radioactividad.
- La fuerza electromagnética actúa entre cargas eléctricas.
- La gravedad determina la atracción entre masas.

2 La Teoría de la Relatividad y la Teoría cuántica son incompatibles

Por otra parte, se vio que la Teoría de la **Relatividad** y la Teoría **Cuántica** eran dos teorías fundamentales pero eran **incompatibles** entre sí. Por el momento, la gravedad es explicada por la Teoría General de la Relatividad mientras que las otras tres interacciones fundamentales son explicadas por teorías cuánticas como el **Modelo Estándar**.

3. El mundo de las partículas subatómicas descrito por el Modelo Estándar

Hasta el siglo XIX, se pensaba que el átomo era el bloque más pequeño de materia. Durante mucho tiempo fue considerado el elemento constituyente básico e indivisible de la materia. En los primeros años del siglo XX se comprobó que incluía componentes más pequeños llamados **protones**, **neutrones** y **electrones**, que se conocen como partículas subatómicas. El **electrón** es una partícula fundamental, pero los **neutrones** y **protones** están hechos de partículas más pequeñas llamadas **quarks**.



La suma de nuestros conocimientos actuales sobre la composición subatómica del universo se conoce como el **Modelo Estándar** de la **física de partículas**. Esto incluye tanto los **ladrillos** de que está hecho el mundo como las **fuerzas** con que esos ladrillos interactúan. Existen **12 ladrillos básicos**. Seis de ellos son **quarks**. Tienen nombres curiosos: arriba, abajo, encanto, extraño, fondo, cima. Un **protón**, por ejemplo, está formado por **dos quarks** “arriba” (up) y uno “abajo” (down). Los otros seis son **leptones**.

(Estos incluyen al **electrón** y a sus hermanos más pesados, el **muón** y el **tauón**, así como a tres **neutrinos**).

El llamado "**modelo estándar**" de la física de partículas, es una teoría en proceso de elaboración, que puede **explicar** mucho de **cómo está hecho** y de **cómo funciona** el mundo conocido. Los elementos más importantes del modelo estándar fueron encajando en su lugar a lo largo de un siglo de intenso trabajo teórico y experimental, desde el descubrimiento del **electrón** (1897) hasta el descubrimiento del **quark top** (1995).

En este cuadro pueden verse algunas de las partículas subatómicas conocidas:

Partículas	Misión	existencia	interacción
Bosones	Transmisión de fuerzas		
Fotón		confirmada	electromagnética
Bosón W		confirmada	débil
Bosón Z		confirmada	débil
Gluón		confirmada	fuerte
Gravitón		hipotética	gravitatoria
<u>Bosón de Higgs</u> ¹		confirmada	masa
Fermiones	Constitución de la materia		
electrón		confirmada	
muón			
tauón			
<u>neutrinos</u> ²		confirmada	<u>fuerza nuclear débil</u> y por la <u>gravitatoria</u>
<u>Quark</u> ³		confirmada	cuatro <u>fuerzas fundamentales</u>
Up/down Top/charm Strange/bottom			
Partículas compuestas			
Hadrones			
mesones			
Bariones		confirmada	
Protón			
Neutrón			

4. Las cuatro fuerzas fundamentales y las partículas subatómicas

El ejemplo más conocido es el **fotón**, una partícula de luz que es la mediadora de las fuerzas electromagnéticas. (Esto quiere decir que, por ejemplo, cuando un imán atrae a un clavo, es porque ambos objetos están intercambiando fotones).

El **gravitón** es la partícula asociada con la gravedad. La **interacción fuerte** es producida por ocho partículas fundamentales (conocidas como **gluones**). La **interacción débil** es transmitida por tres partículas, los **bosones W+**, **W-** y **Z**.

Los científicos del **CERN**, con el Gran acelerador de **hadrones** aceleraron partículas cargadas eléctricamente hasta velocidades cercanas a la de la luz, por medio de campos electromagnéticos.

¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Bos%C3%B3n_de_Higgs

² <https://es.wikipedia.org/wiki/Neutrino>

³ <https://es.wikipedia.org/wiki/Cuark>

E hicieron chocar frontalmente estos haces para poder analizar sus componentes más básicos. La información fue estudiada a la búsqueda de las trazas del **bosón de Higgs**. (Los periodistas sensacionalistas la bautizaron como la **partícula de Dios**).

Ya se ha confirmado la teoría según la cual le correspondería explicar la existencia de la masa. Es más, se quieren reproducir las condiciones del **Big Bang** y es posible que se descubran las fuerzas escondidas del universo.

El 4 de julio de 2012, el CERN anunció la observación de una nueva partícula «consistente con el **bosón de Higgs**», pero se necesitaría más tiempo y datos para confirmarlo. El 14 de marzo de 2013 el CERN, con dos veces más datos de los que disponía en su anuncio del descubrimiento en julio de 2012, se encontró que la nueva partícula se asemejaba aún más al **bosón de Higgs**. La manera en que interactúa con otras partículas y sus propiedades cuánticas, junto con las interacciones medidas con otras partículas, indican fuertemente que es un **bosón de Higgs**. Todavía permanece la cuestión de si es el bosón de Higgs del modelo estándar o quizás el más liviano de varios bosones predichos en algunas teorías que van más allá del **modelo estándar**.

El **Modelo Estándar** describe el comportamiento de todas estas partículas y fuerzas con precisión, pero con la excepción de la **gravedad**. Por muchos años ese ha sido el problema más importante de la física teórica, formular una **Teoría Cuántica de la gravedad**, que permita la unificación definitiva en una **teoría de todo**, aunque hay varios intentos.

Los principales candidatos a una teoría del todo son las 5 **teorías de cuerdas** y la **Teoría M** que pretende unificarlas.

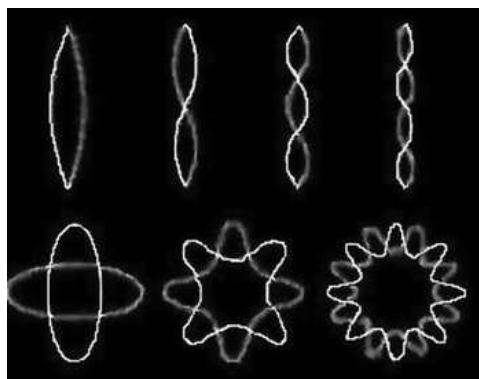
5. La Teoría de Cuerdas

En la década de 1980, surge un **nuevo modelo matemático de la física teórica** llamado la **Teoría de Cuerdas**.

Para entender la **Teoría M**, que veremos a continuación, es necesario entender algo de la **teoría de cuerdas**.

Durante muchos años la física ha operado con la idea de que las partículas fundamentales, como el familiar electrón, son como puntos, o de cero dimensiones. Si se quisiera **resumir** la **teoría de cuerdas** en una sola idea, se **resumiría** diciendo que esta **suposición** es **incorrecta**. En vez de esto, la teoría de cuerdas propone que el universo está compuesto por **objetos unidimensionales** que son similares a una **cuerda**, un conjunto infinitamente pequeño de elementos que sólo tienen **una dimensión: la longitud**, pero no poseen altura o anchura. Estas cuerdas serían tan pequeñas que incluso en la diminuta escala de las partículas parecerían como puntos.

Ver imagen: cuerdas



Además, la **Teoría de las Cuerdas** sugiere que el universo se compone de **múltiples dimensiones**. Estamos familiarizados con la **altura**, la **anchura** y la **longitud**: las tres dimensiones del espacio, que con el **tiempo** dan un total de **cuatro dimensiones**

observables. Sin embargo, la **Teoría de Cuerdas** apoya la posibilidad de **diez dimensiones**, aunque las 6 restantes no las podemos detectar directamente pues son muy pequeñas y curvadas.

De la misma manera que una manguera vista de lejos puede parecer una línea de una dimensión, así un espacio de **10 dimensiones**, seis de ellas muy pequeñas, puede parecer un espacio de tres dimensiones.

Una **cuerda** puede hacer algo más que moverse, puede **oscilar** de diferentes maneras. Estas «cuerdas» vibran en múltiples dimensiones, y en función de la forma en que vibran, podrían ser percibidas en el espacio de tres dimensiones como **materia, luz, o gravedad**.

Es la vibración de la «cuerda» la que determina su apariencia de materia o energía, y toda forma de materia o energía es el resultado de la vibración de las cuerdas. En la teoría de cuerdas cada partícula es creada de alguna forma por diferentes patrones de vibración de las cuerdas.

5.1. La teoría de cuerdas reconcilia la Teoría de la Relatividad y la Teoría Cuántica.

El desarrollo de la **Teoría de Cuerdas** ha venido principalmente por el problema de que la **Relatividad general de Einstein** (que explica cosas en escalas muy grandes o cosmológicas), es **irreconciliable** con la **Mecánica Cuántica y el Modelo Estándar**, que explica el universo a escala subatómica. Los físicos teóricos encontraron que la teoría de cuerdas contiene gravitones de forma necesaria, es decir, la partícula que causa la gravedad. Por tanto, la **teoría de cuerdas** une de forma **satisfactoria la Relatividad General** con la **Mecánica Cuántica**. También se podría emplear esta teoría en la predicción de nuevos fenómenos, como, por ejemplo, en el momento del Big Bang. (Martin Bojowald, “Antes del Big Bang”, p.113)

5.2 Sin embargo en la teoría de cuerdas hay algunos problemas.

En la teoría de cuerdas faltan todavía las pruebas experimentales como las aplicaciones tecnológicas. Una de las causas de esto es la complejidad de las matemáticas en que se fundamenta esa teoría. Otro problema con la Teoría de Cuerdas es que se presentaban cinco formulaciones diferentes para describir el mismo fenómeno. Este hecho es clave para entender donde encaja la Teoría M, que parece venir en su rescate.

6. La Teoría M podría ser la Teoría del Todo

Es una teoría innovadora en Física, candidata a convertirse en la Teoría del Todo que unifique las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, explique las partículas elementales y el origen y estructura fundamental del universo. Fue propuesta por **Edward Witten**. La Teoría M es la que **S.Hawking** propone en su libro **El Gran Diseño** para explicar el origen del Universo.

E. Witten considera que las cinco versiones de la **Teoría de Cuerdas** podrían describir lo mismo desde diferentes perspectivas. Lo que **Witten** explica en la **Teoría M** es una versión bastante revolucionaria y muy bien fundamentada matemáticamente, de las Supercuerdas. **La Teoría M** Es la fusión de las **cinco versiones de la Teoría de Cuerdas** más la **Supergravedad**. Supone la existencia de once dimensiones.

Fundamenta la unificación de todas las fuerzas fundamentales, incluyendo la gravedad y propugna que la **última estructura de la materia**, lo que estaría bajo los quarks, serían unos **diminutos círculos** semejantes a una **membrana**. Poder contar con una única teoría es una perspectiva emocionante para la mayoría de físicos teóricos, y la investigación teórica ha estado buscando la formulación completa de una Teoría M cuántica. Si se logra, está por ver. Si la Teoría de Cuerdas y la Teoría M fueran verificadas experimentalmente supondrían un significativo avance científico. Además precisan de herramientas matemáticas que todavía tienen que ser inventadas para un total entendimiento de la misma ya que son bastante complejas.

6.1. Científicos críticos ante la Teoría M

Los críticos dicen que la Teoría M puede ser incapaz de hacer predicciones que se hayan verificado en un experimento, y por tanto **no sería falsable**. Toda teoría científica, si se demuestra que falla en un solo caso, deja de ser válida. Según eso no es posible demostrar que la Teoría M sea falsa ni verdadera, no es **falsable**⁴. Los proponentes de la teoría de cuerdas responden que estos argumentos son tan sólo un signo de que la teoría de cuerdas no está todavía totalmente desarrollada.

7. ¿Podrían existir muchos Universos?

7.1 El **multiverso** o Universos paralelos Multi-verso (muchos universos) se opone a un universo (único, total)

El Multiverso no es una teoría. Aparece como consecuencia de teorías elaboradas para responder a cuestiones de la física de partículas o de la gravitación, como la Teoría M. Existen muchos tipos distintos de **Multiversos posibles**, dependiendo de las teorías particulares. Puede parecer imposible la existencia de universos que coexisten de forma paralela al nuestro. Suena a ciencia ficción, pero es ciencia y es real. Los universos paralelos han inspirado series de TV como Star Trek, Smallville, películas como Las crónicas de Narnia o Los cazafantasmas. **David Deutch**, autoridad mundial en **Multiverso**, dice que esto **no es solo algo teórico**, sino que hay **pruebas**, experiencias reales, visibles en los experimentos que obligan a admitir la existencia de universos paralelos, si se quiere explicar lo que vemos.

La primera teoría sobre universos paralelos fue propuesta en 1950 por el físico **Hugo Everett**. En ella trataba de explicar los misterios de la mecánica cuántica que eran desconocidos para los científicos de la época. **Hugh Everett** quiso ser alumno de Albert Einstein y terminó renegando de la Universidad. Revolucionó la física cuántica, padre de la Teoría de los Universos Paralelos y acabó enfrentado a un Premio Nobel (Bohr). Fue un genio pero sus cenizas terminaron en un cubo de basura. Las teorías de los **mundos paralelos** adquirieron **importancia** cuando se trató de **ubicar** exactamente las partículas subatómicas, como los **electrones**, y se vio que era **imposible** pues estaban en

⁴ **Falsabilidad**, En filosofía de la ciencia, la falsabilidad o refutabilidad es la capacidad de una teoría o hipótesis de ser sometida a potenciales pruebas que la contradigan. Según el falsacionismo, toda proposición científica debe ser susceptible de ser falsada o refutada, siendo la falsabilidad el modus tollendo tollens del método hipotético-deductivo experimental. Según este criterio, se distingue el ámbito de lo que es ciencia de cualquier otro conocimiento que no lo sea: es el denominado criterio de demarcación de Karl Popper. La corroboración experimental de una teoría científicamente «probada» — aun la más fundamental de ellas— se mantiene siempre abierta a escrutinio (ver falsacionismo).

diferentes lugares al mismo tiempo, de manera que podrían **existir** en **otros universos**. Muchos **problemas** centrales de la **física teórica** -complejidad y naturalidad- encuentran así una **explicación natural**. Esta propuesta revolucionaria no está sin embargo exenta de peligros conceptuales y **exige** una profunda **reflexión epistemológica**.⁵

7.2 Tipos de multiverso.

Según **Max Tegmark**, físico del MIT, existen cuatro tipos de **multiverso**⁶. El primero estaría integrado por un espacio infinito que contendría el universo observable y un número ilimitado de otros situados más allá de nuestro horizonte cósmico, pero de similar naturaleza. En el de tipo II, los universos emanarían de distintos Big Bangs y podrían presentar propiedades físicas diferentes. El multiverso de tipo III supone que cada variación cuántica produce una división de todo el cosmos, por lo que habría infinitas versiones de todo.

La culminación de todos ellos sería el de tipo IV, cuya existencia, propuesta por el propio Tegmark, se encontraría más allá del espacio y el tiempo; en él, las matemáticas existirían como realidades físicas.

7.3 Multiverso y Teoría M.

Uno de los multiversos más ricos es el asociado con el hallazgo fascinante de la **cosmología inflacionaria y la Teoría M**. ¿Por qué la gravedad es débil? Este interrogante lo planteó la cosmóloga **Lisa Randall** (Universidad de Harvard), quién propuso que la aparente debilidad de la gravedad se debe a que su fuerza se distribuye no sólo en nuestro Universo sino en otras dimensiones; para esto se apoyó en la **Teoría M**⁷. Desde esta onceava dimensión había una membrana donde parte la fuerza de gravedad (cuya fuerza es muy fuerte) y se filtra entre las demás dimensiones hasta llegar a nuestro Universo, Es así como podría explicarse la fuerza de la gravedad al incorporar un “Universo Paralelo”. Esta idea gustó y físicos de todo el mundo comenzaron a estudiar diversos problemas desde la onceava dimensión. Esto resultó tan inquietante que algunos científicos no dudaron en preguntarse, ¿es nuestro Universo el único? Esto quiere decir que si las **partículas** pueden estar en **más de un solo lugar al mismo tiempo** la única **explicación** a esto es que las **partículas** no pueden existir solamente en nuestro Universo, también **existen** en **otros Universos** en donde hay un **infinito número** de estos Universos Paralelos, como unos 10^{500} nada menos (¡Un 1 seguido de 500 ceros!).

Teoría de cuerdas: cómo comprender el universo partiendo de las matemáticas de la música de Pitágoras

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-58794566>

- BBC Ideas
- Temas cortos para mentes curiosas 17 octubre 2021

⁵ http://www.tendencias21.net/La-idea-de-multiples-universos-es-mas-que-una-fantasticainvencion_a1955.html

⁶ <https://www.muyinteresante.es/revista-muy/noticias-muy/articulo/ultimas-noticias-sobre-el-multiverso911420188916>

⁷ Leticia Herrera y Oscar Nicolás Suárez La Gran Época <http://www.lagranepoca.com/articles/2007/07/10/900.html>

Los científicos durante mucho tiempo han estado buscando una teoría simple que explique cómo funciona el Universo.

Una teoría del todo.

Muchas teorías han sido probadas y **hasta ahora ninguna no ha logrado explicar completamente** lo que vemos en nuestro Universo.

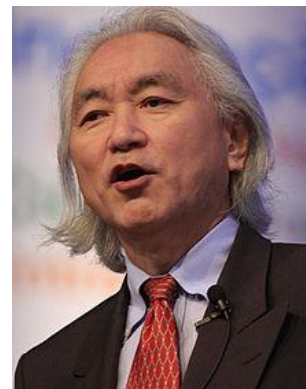
Pero hay una idea particularmente atractiva que algunos físicos teóricos piensan que podría ser la correcta: la teoría de cuerdas

"La teoría de cuerdas es finita. No explota, no colapsa sobre sí misma. Por eso creemos en ella. Otras teorías colapsan, explotan, pero la teoría de cuerdas no", le dijo a la BBC el renombrado **físico teórico Michio Kaku**⁸.

Ver imagen

Kaku ha pasado décadas lidiando con -e intentando responder- **algunas de las preguntas más importantes que existen.**

"¿Qué pasó antes del Big Bang? ¿Hay otros universos? ¿Qué hay al otro lado de la creación? ¿O al otro lado de un agujero negro? ¿Son posibles los agujeros de gusano (o puente de Einstein-Rosen) o las dimensiones más altas? ¿Vivimos en un multiverso?"



-Todas esas preguntas no pueden ser respondidas usando nuestra comprensión actual".

Cuando el doctor Kaku habla de "nuestra comprensión actual", se refiere a nuestras mejores teorías actuales sobre la forma en que funciona el Universo.

En verdad, se contradicen entre sí y, **a veces, hasta dan resultados contradictorios.**

La teoría general de la relatividad de Albert Einstein funciona perfectamente bien para las predicciones sobre los movimientos de las estrellas y las galaxias, pero no funciona cuando se aplica al comportamiento de las partículas subatómicas.

Por el contrario, la teoría cuántica es genial con los átomos, pero predice que todo el Universo debería colapsar en un agujero negro, lo que claramente no hace porque todavía estamos aquí.

Entonces, ¿encontraremos alguna vez una sola teoría que lo explique todo?

"Hace 2.000 años Pitágoras se hizo la misma pregunta.

"El gran matemático griego pensó que debería haber un principio unificador, un paradigma por el cual resumir la vasta creación que vemos a nuestro alrededor en el Universo que conocemos".

"Miró a su alrededor y vio una lira.

"Cuando pulsas una cuerda de lira, obtienes una nota. Si tocas otra, obtienes otra nota, y él dijo: '¡Ajá! Las matemáticas de la música son lo suficientemente ricas como para explicar la diversidad de todo lo que vemos a nuestro alrededor'"

"Y sólo recientemente se nos ocurrió una nueva idea basada en la idea pitagórica de la música".

En otras palabras, la teoría de cuerdas. Entonces, ¿cómo pasamos de las reflexiones musicales de Pitágoras a la física?

⁸ https://es.wikipedia.org/wiki/Michio_Kaku Es un físico teórico estadounidense de origen japonés, especialista destacado de la teoría de campo de cuerdas, una rama de la teoría de cuerdas. Además, es futurólogo, divulgador científico, anfitrión de dos programas de radio, aparece frecuentemente en programas televisivos sobre física y ciencia en general y es autor de varios best-sellers

El primer puerto de escala sería un acelerador de partículas como el [Gran Colisionador de Hadrones en el CERN](#), donde las partículas diminutas se rompen en pedazos en colisiones de alta energía y luego se estudian detalladamente.

Estos experimentos son la mejor manera de probar teorías sobre cómo funciona el Universo.

Entonces, **¿qué predice la teoría de cuerdas que veremos?**

"Ahora creemos que todos esos cientos de partículas subatómicas que obtenemos rompiendo protones en el **Gran Colisionador de Hadrones no son más que notas musicales como creía Pitágoras.**

"Si tuviéramos un súper microscopio y pudiéramos mirar en un electrón, ¿qué veríamos? Una banda elástica. Una banda elástica vibratoria".

Por supuesto, **Kaku** no quiere decir una banda elástica real, sino más bien algo parecido a una banda elástica.

O para decirlo de otra manera, las cuerdas de la teoría de cuerdas y, al igual que las cuerdas de un instrumento musical, si pones algo de energía en ellas, vibran.

"Si vibra de una manera, lo llamamos electrón, si vibra de otra manera, se llama neutrino. Si vibra de otra forma, se llama , pero es la misma banda elástica".

Así que la teoría de cuerdas ofrece una posibilidad tentadora: una explicación para la gran variedad que vemos en el Universo, desde las colisiones de estrellas hasta las colisiones de átomos.

Por supuesto, la teoría de cuerdas es solo eso, una teoría, o una hipótesis, para ser más exactos.

Sus críticos señalan que muchas de sus predicciones son improbables, algo que el propio doctor **Kaku** reconoce.

Sus defensores, sin embargo, la consideran la mejor esperanza de unificar la física.

Kaku incluso cree que la teoría de cuerdas **podría explicar el misterio que es la materia oscura.**

"La materia oscura constituye la mayor parte de la materia del Universo. Es invisible y mantiene unidas a las galaxias. Pero, ¿cómo lo demostramos?

Creemos que la materia oscura podría ser la próxima octava de la cuerda.

"Si pudieras magnificar todas las partículas que ves alrededor nuestro, veríamos muchas bandas elásticas vibrando a diferentes frecuencias.

"Pero la banda elástica tiene octavas más altas. Eso creemos que es materia oscura".

Si el doctor **Kaku** tiene razón, la enorme complejidad de todo el Universo podría reducirse a la simple y elegante vibración de cuerdas.

"Creo que algo que la gente debería entender es que la física en el nivel fundamental se vuelve cada vez más simple pero también más poderosa cuanto más profundo vamos.

"El Universo es más simple de lo que pensábamos".