

All Ries. Casperium Graphics

La Teoría de Cuerdas

Física en el ring

Los físicos cultores de la Teoría de Cuerdas son, quizás, los que disponen de mayores y más sofisticados talentos para manejar un formalismo fascinantemente complejo. Investigadores de otras ramas difícilmente puedan penetrarla con solvencia, no ya en los detalles, sino en conceptos troncales de una teoría que es tan ciencia como la matemática pero, respecto a su objetivo de ser ciencia natural, genera opiniones divididas.

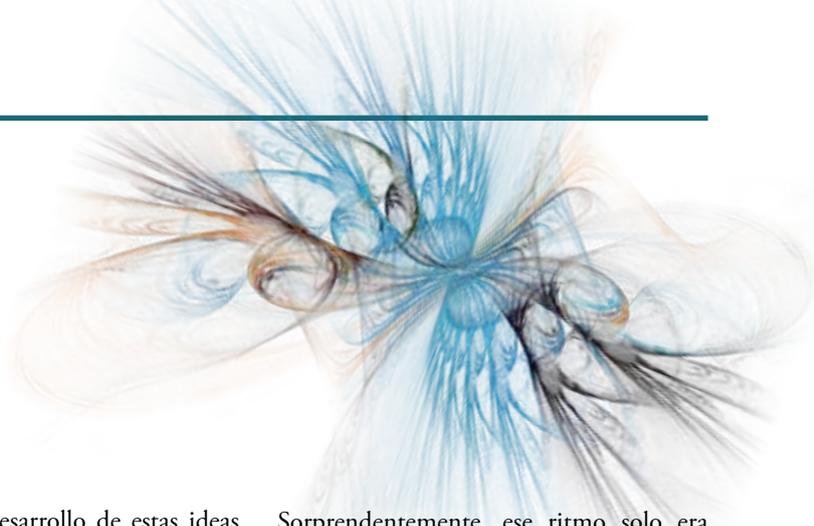
Guillermo Mattei
gmattei@df.uba.ar

“Es la única teoría en gestación que puede decir algo sobre la unificación de las fuerzas”,

“solo sirve para solucionar rompecabezas teóricos”,

“el hallazgo de la supersimetría en el anillo del LHC será uno de los más asombrosos resultados de la Física”,

“no produjo ninguna confirmación experimental en 20 años”



Los orígenes de la Teoría de Cuerdas datan la década del '60 cuando, más apropiadamente, debió haberse llamado *Teoría de las gomas elásticas* pero, probablemente esta denominación pareció carecer de cierta dignidad. El trabajo de sus primeros investigadores demostró que la teoría resultaba coherente con las de la Relatividad Especial y la de la Mecánica Cuántica, siempre y cuando se cumplieran algunas condiciones tales como que el mundo debía tener veinticinco dimensiones espaciales y que debían existir partículas como el *gravitón*, el mediador de la interacción gravitatoria. En los '70 la teoría fue reformulada para superar ciertos inconvenientes relacionados con el zoológico de partículas elementales, mediante la consideración de las llamadas *propiedades de simetrías*. Nació así la *Teoría de cuerdas supersimétrica* o de *Supercuerdas* que logró bajar el número de dimensiones del espacio necesarias a solo nueve.

En este punto, las supercuerdas permitieron unificar, en forma automática, a todas las partículas elementales y a todas las fuerzas; incluir a las entidades responsables del electromagnetismo y de las interacciones nucleares; agregar la gravedad y predecir supersimetría. Todo el corpus del conocimiento denominado *Modelo estándar de las partículas elementales*, sus tres interacciones (nuclear fuerte, nuclear débil y electromagnetismo) y la gravedad, pudieron aglutinarse a través de la idea de que todos estos fenómenos surgen de las vibraciones de diminutas cuerdas elásticas extendidas en el espacio-tiempo y siguiendo leyes muy sencillas.

A mediados de los '80, un par de encumbrados investigadores demostraron, muy elegantemente, que la de las supercuerdas era una teoría finita; es decir, que carecía de las anomalías propias de los intentos unificadores anteriores, que conducían a medidas infinitas de ciertas magnitudes y, además, que poseía un formato de teoría cuántica de la gravedad.

Otro hito en el desarrollo de estas ideas fue el descubrimiento de que la teoría de cuerdas no era única sino que, en realidad eran cinco teorías de supercuerdas consistentes en espacio-tiempos de diez dimensiones. Sin embargo, en 1995, los expertos demostraron que esas cinco teorías eran una misma teoría, bautizada *Teoría M* siempre que se pagara el precio de aumentar en una, once, las dimensiones del espacio-tiempo. Simultáneamente, una imagen más abarcativa acompañó estas revolucionarias nociones: no solo objetos unidimensionales podían vivir en estos espacios sino también superficies bidimensionales o *membranas*. Es más, nada impidió la presencia de entidades de dimensiones mayores a dos que fueron imaginativamente llamadas *d-branas*. Notoriamente, al estudiar la termodinámica de ciertas *branas* enrolladas alrededor de las dimensiones adicionales, se pudieron reproducir las propiedades termodinámicas de algunos famosos personajes de la cosmología: los agujeros negros.

En estos temas trabajaba en 1996 el argentino Juan Martín Maldacena (que había empezado a estudiar en la FCEyN y se había graduado en el Instituto Balseiro) cuando, en 1997, revolucionó desde Harvard al mundo académico con el artículo científico más citado de la historia. Maldacena conjeturó (ver *EXACTAMENTE* número 13*) que las teorías de cuerdas, que describen la gravedad, podrían tener una teoría alter ego o dual del tipo de las que describen a las partículas sin la gravedad en el modelo estándar. Si se probara esta conjetura, habría una descripción exacta de una teoría cuántica de cuerdas o un puente inédito entre mundos teóricos que hasta el momento no se podían conciliar.

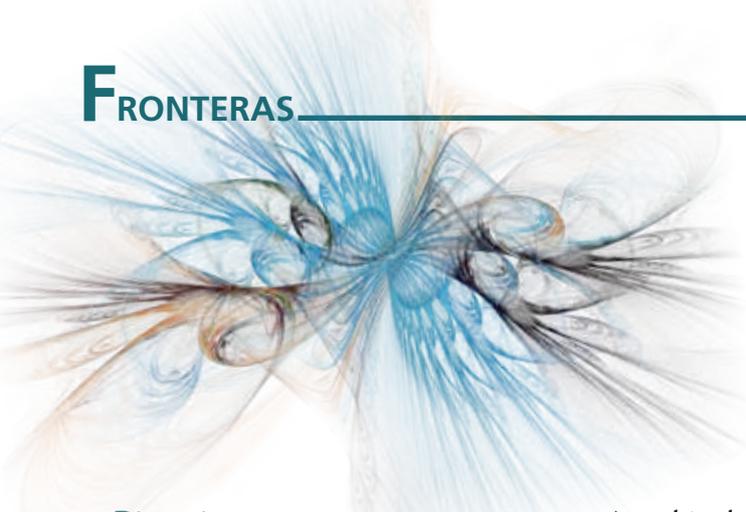
Mientras tanto, en 1998, en otro lugar de la metrópoli física, los cosmólogos estudiaban la expansión de galaxias lejanas por medio de las explosiones de estrellas supernovas en sus interiores. La conclusión de estas observaciones indicó que el ritmo de expansión del Universo era acelerado.

Sorprendentemente, ese ritmo solo era compatible con la presencia de un extraño agente universal que simplemente “estaba ahí” pero que no tenía relación con la materia y la energía conocidas en forma de ondas y partículas. A esta quintaesencia los científicos denominaron *energía oscura*. Aún ignorando la naturaleza de semejante usina energética, los astrofísicos pudieron describir sus efectos sobre la expansión del universo de manera experimentalmente contundente. Uno de los candidatos a tener que ver con la energía oscura es la llamada *constante cosmológica* (Ver *EXACTAMENTE* 41**). Hasta antes de 1998, las pruebas disponibles indicaban que esta constante era casi nula, lo cual esperaba a los teóricos con la idea de hallar un nuevo principio que estableciera esa nulidad. Sin embargo, las observaciones indicaron que era no nula y positiva.

De todas maneras, la teoría de cuerdas no solo no predijo la energía oscura sino que, aún hoy, le resulta difícil incluir el valor positivo de esa aceleración. En particular, no podía explicar por qué la constante debía ser nula pero sí por qué no podía ser positiva. Es más, la famosa conjetura de Maldacena suponía un espacio tiempo con una constante cosmológica negativa.

En síntesis, las supernovas de 1998 al parecer contrapusieron negativamente una observación experimental al esquema que la teoría de cuerdas proponía. Uno de los máximos referentes mundiales de la teoría de cuerdas, Edward Witten, opinaba: “No conozco una manera clara de obtener un universo con constante cosmológica positiva a partir de la teoría de cuerdas o de la teoría M”.

“Incorporar una constante cosmológica positiva y pequeña a la teoría no es imposible pero sí muy difícil. Quizás sea el problema más grande y serio que la teoría de cuerdas enfrenta hoy, pero de ningún modo la invalida”, explica el investigador del CONICET en el Departamento de Física de la FCEyN y especialista en teoría de cuerdas, Gastón Giribet.



Dimensiones extras

“Si en el mundo no hubiera diez u once dimensiones, la teoría de cuerdas tal cual hoy la entendemos sería errónea. El problema es que, con las energías que podemos manipular tecnológicamente, es muy difícil chequear si esas dimensiones existen o no. Luego, hay que ser justos cuando se ataca a la teoría de cuerdas y a su imposibilidad pragmática de contrastar lo que ella misma predice, que no es lo mismo que atacarla porque no predice nada”, apunta Giribet y agrega: “la idea de dimensiones extra a mí me entusiasma mucho. Imaginemos por un segundo que sean reales, que el día de mañana alguien se da cuenta de que el universo tiene diez dimensiones espaciales; ¡sería uno de los descubrimientos más grandes de la humanidad!”.

Sin embargo, el epistemólogo argentino Mario Bunge critica: “...la teoría postula que el espacio físico tiene más de tres dimensiones, simplemente para asegurarse consistencia matemática. Puesto que estas dimensiones extras son inobservables, y puesto que la teoría se ha resistido a la confirmación experimental durante más de tres décadas, parece ciencia ficción o, al menos, ciencia fallida. Puesto que estas teorías se encuentran en discrepancia con el conjunto de la Física, y violan el requerimiento de falsacionismo, pueden calificarse de pseudocientíficas, incluso aunque lleven pululando un cuarto de siglo y se sigan publicando en las revistas científicas más prestigiosas”.

Y Witten defiende: “Si bien todavía no sabemos cuán grandes son las dimensiones extras, esperamos explorar eso de diferentes maneras. Las dimensiones extras realmente existen pero están tan fuera de nuestra vista como lo están los núcleos atómicos. Por qué vemos solo tres dimensiones espaciales, ese es el gran problema a resolver del cual por ahora no tenemos respuesta”.

Buscando gomas elásticas

El límite energético, que parecen haber alcanzado definitivamente los aceleradores,

está muy lejos de las escalas donde las cuerdas son protagonistas. Por esto, algunos científicos desvían la búsqueda a objetos astrofísicos primordiales, como las llamadas *cuerdas cósmicas* (que, en principio, no tienen nada que ver con la teoría de cuerdas), o *las ondas gravitacionales*, que son una sinfonía cósmica remanente de los grandes eventos gravitatorios del Universo.

“Un aspecto importante de la teoría de cuerdas es que, definitivamente, es testeable. Así lo demuestra la predicción de la supersimetría que nació de las cuerdas en los ’70 y que los físicos experimentales están tratando de hallar hoy en el LHC (Large Hadron Collider). En la historia de la ciencia es difícil hallar un tipo de predicción tan espectacular como ésta. Pero hay muchas otras maneras concebibles de testear la teoría mediante exploraciones cosmológicas, por ejemplo y entre otras, del fondo cósmico de microondas. No tengo la bola de cristal para saber cómo será la confirmación de la teoría pero tampoco lo sabían los que teorizaron sobre las estrellas de neutrones, los agujeros negros o las ondas gravitacionales, en los años 20 y los 30, y que las nuevas tecnologías, de alrededores del 2000, se encargaron de confirmar. Pienso que la Naturaleza resultará buena con nosotros y habrá una bonita sorpresa, como ocurrió tantas veces en el pasado. Yo nunca pensaría que una teoría errónea nos llevara a entender mejor la teoría cuántica de campos o que produjera novedosas descripciones de los agujeros negros”, abunda Witten.

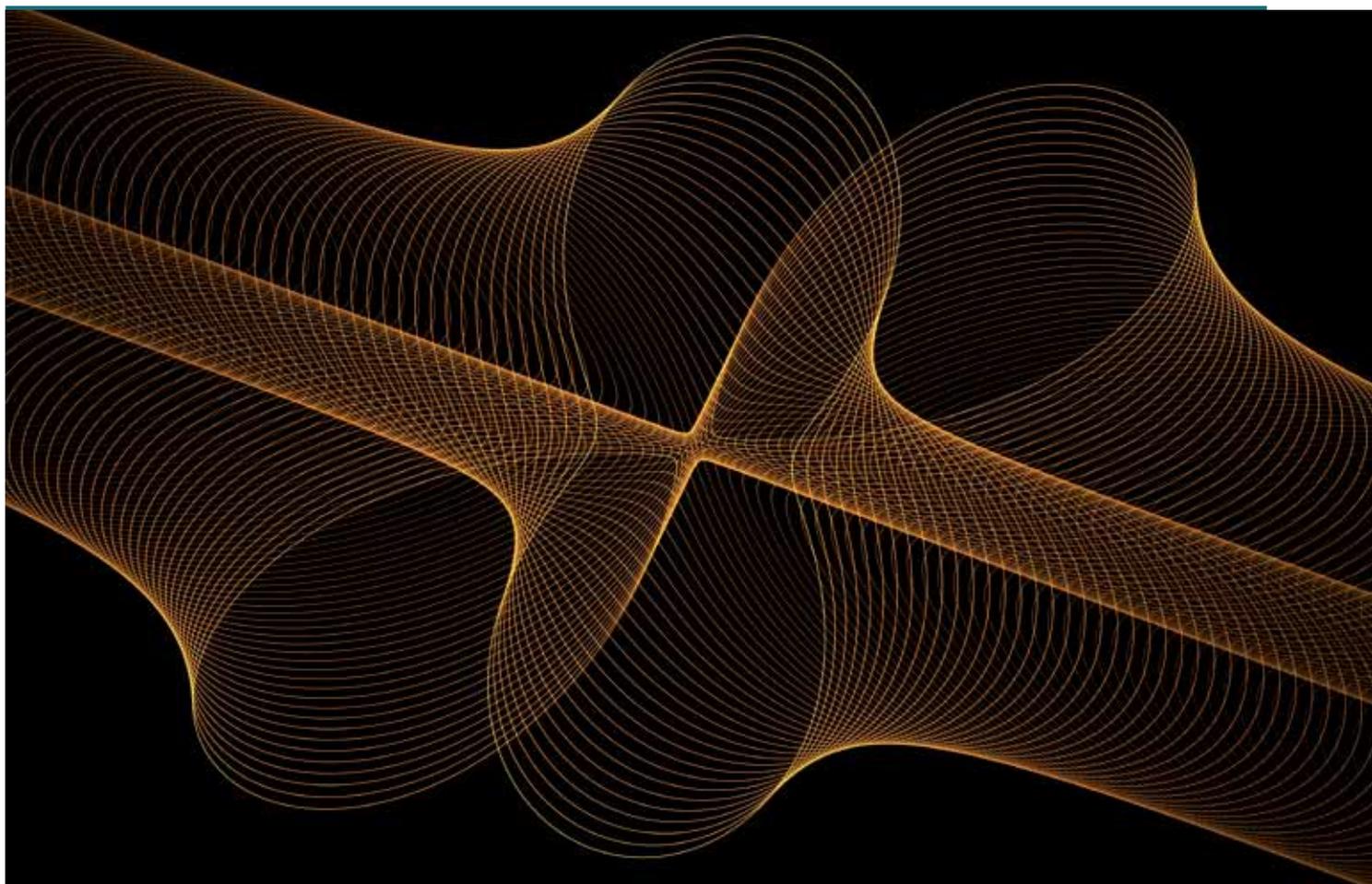
Mientras que Giribet aporta: “De hecho, cuando uno hace física y busca entender la naturaleza usando la matemática, ejerce un acto de fe. No hay *a priori* una garantía de que eso funcione, en absoluto. Podría darse que la naturaleza sea descriptible con matemática que todavía nosotros no podemos entender o que podríamos entender pero no todavía. La física es matemática pero, además, es más que matemática cuando uno le superpone toda una estructura semántica. Yo opino que la teoría de cuerdas sí es una teoría física. La teoría de

cuerdas, pese a las críticas, es contrastable en el sentido de que hace afirmaciones sobre la naturaleza que, de no ser ciertas, la teoría resultaría errónea. Eso es una teoría contrastable. Ahora bien, contrastable no es una cosa que está bien definida; o sea, qué es contrastable depende un poco del que habla. No es contrastable en el sentido pragmático de que, lamentablemente, no tengamos tecnología para acceder a las energías para efectivamente comprobar esas afirmaciones contrastables. Eso no es culpa de la teoría de cuerdas, que hace afirmaciones sobre altas energías en escalas de tamaños inimaginablemente pequeños. Luego, es desleal, si cabe el término, decir ‘nosotros no podemos experimentar en nuestra escala, así que nuestra teoría es un desastre’. Lo más interesante de la teoría de cuerdas es que describe la gravedad a nivel cuántico, lo que significa que une la teoría de la relatividad general de Einstein con la mecánica cuántica y que, por ejemplo, la conjetura de Maldacena sea algo que trasciende a la teoría de cuerdas, pese a haber nacido de ella”.

Crítica de la razón pura

La elaboración de la teoría tuvo que vérselas con las críticas de dos grandes monstruos de la física de los ’70 y ’80. Por un lado, Richard Feynman decía: “No me gusta que no estén calculando nada. No me gusta que no comprueben sus ideas. No me gusta que para cada cosa que no coincide con la experimentación amañen alguna explicación del tipo ‘bueno, todavía puede ser verdad’”. Por otro, Sheldon Glashow opinaba: “... la teoría de supercuerdas no se deduce como la consecuencia lógica de un conjunto atractivo de hipótesis sobre la naturaleza...”. Dos nóbeles en contra.

En otra línea, el físico estadounidense y egresado de Harvard Lee Smolin, autor del polémico libro *Las dudas de la física en el siglo XXI*, opina que la teoría M sigue siendo una conjetura fascinante y resulta tentador creer en ella, pero no constituye una auténtica teoría sino una conjetura



"String Theory" Copyright 2010 - Hal Tenny

sobre la que estamos deseando crear. “La teoría de cuerdas ha generado una gran cantidad de excelente matemática, ha mejorado la comprensión de algunas otras teorías de la física pero ¿es una teoría científica? No hay precedentes en la historia de la ciencia, o al menos desde finales del siglo XVIII, de que transcurriera más de una década entre la presentación de una teoría importante y el fracaso, o bien la acumulación de una impresionante cantidad de datos experimentales y de apoyo teórico, de la nueva teoría”, expresa Smolin que, desde el 2001, trabaja en Canadá.

Por su parte, Bunge, fiel a su estilo frontal, opina: “La consistencia, la sofisticación y la belleza nunca son suficientes en la investigación científica. La Teoría de cuerdas es sospechosa de pseudociencia. Solo parece científica porque aborda un problema abierto que es a la vez importante y difícil, el de construir una teoría cuántica de la gravitación”.

Gastón Giribet, a su vez, retruca: “Puede ser que la teoría de cuerdas esté mal. Puede ser que esté bien. Pero es muy ingenuo atacar a la teoría de cuerdas porque sea matemáticamente complicada o porque

prediga dimensiones extras. Podría perfectamente darse el caso de que la descripción de naturaleza sea matemáticamente complicada y que, a escalas microscópicas, el universo tenga más de cuatro dimensiones. No hay ningún problema con eso. Nos puede sonar contra intuitivo pero también hay que tener en cuenta que nuestra intuición se educa de la mano de nuestra experiencia cotidiana y que ya aprendimos a manejar la contra intuición en la teoría de la relatividad o en la mecánica cuántica”.

Smolin ha logrado generar con su libro una gran polémica y Giribet no elude su comentario al respecto: “Voy a ser políticamente correcto: pese a que el libro de Smolin es ante todo una auto propaganda, se lo puede analizar en dos partes. Por un lado, una crítica a la teoría de cuerdas desde el punto de vista científico y, por otro, una crítica desde el punto de vista sociopolítico de la comunidad científica. Sobre el segundo no vale la pena hablar. La primera parte, a su vez, se la puede separar en otras dos: una crítica seria y otra ridícula. La crítica seria tiene que ver con la constante cosmológica positiva. La otra,

Smolin la puede compartir con mi abuela: que la teoría es complicada matemáticamente o que tiene muchas dimensiones”.

En el mundo de los cultores de las cuerdas, nadie afirma que la forma en la que entienden la teoría de cuerdas hoy, sea la respuesta definitiva a todas de las preguntas fundamentales de la Física pero sí que muchas ideas que surgen de ella necesariamente estarán relacionadas con la respuesta. Es como si la teoría de cuerdas fuera una versión ingenua de una vía que potencialmente pueda llegar a dar, en unos cincuenta años, una respuesta en donde algunas de sus postulaciones actuales estarán y otras no.

En el mundo de los críticos de las cuerdas nadie quiere resignar, ni siquiera mínimamente, el perfil completo que caracterizó la gestación de grandes revoluciones de la Física como la Relatividad o la Mecánica Cuántica.

El debate seguramente continuará. 

* <http://www.fcen.uba.ar/fotovideo/EXm/PDF/EXM13.pdf>

** <http://www.fcen.uba.ar/fotovideo/EXm/PDF/EXM41.pdf>