

## El LHC y los agujeros negros

La puesta en marcha del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) ha sido causa de que se dispararan los miedos más atávicos ante lo desconocido, especialmente abonados por la intervención de dos supuestos científicos (el estadounidense Walter Wagner y el español Luis Sancho) al realizar estas especulaciones sobre la posibilidad de que en los experimentos se crearan microagujeros negros, strangelets (materia extraña), monopolos magnéticos y/o burbujas de vacío, posibilidades todas, según esos dos “expertos”, terroríficas. Dichos personajes han presentado una denuncia en los juzgados de Hawai(¿) para solicitar la paralización de los experimentos.

De las cuatro posibilidades apuntadas, dos (monopolos y burbujas) rozan la ciencia ficción pues los primeros son partículas hipotéticas cuya posible existencia se deduce de algunas teorías especulativas y que, en todo caso, requerirían para su creación niveles energéticos muy superiores a los que es capaz de generar el LHC. Para las segundas, nuevamente nos referimos a puras especulaciones sobre la posibilidad de que el universo no esté en su configuración más estable y que como resultado de los experimentos, nuestro universo saltara a otro nivel de estabilidad.

En cuanto a la materia extraña, ya se estudió el tema con la puesta en marcha del Colisionador de Iones Pesados Relativistas (RHIC), puesto en marcha en el año 2000. Las teorías que predicen su posible formación también predicen su rápida desintegración. Por otra parte, en lo que lleva funcionando el RHIC no ha podido observarse la generación de materia extraña pese a que es más factible en el RHIC que el LHC.



*Localización del LHC*

Vamos a examinar más detalladamente el caso de los agujeros negros he incluiremos nuevos datos que descartan no solo dichos agujeros si no también las tres posibilidades antes mencionadas.

En primer lugar vamos a observar una imagen más comprensible de los conceptos que intervienen en este supuesto.

No voy a insistir en temas ya expuestos como que estamos hablando de un supuesto que para cumplirse requiere que sean ciertas varias teorías aún no confirmadas y en especial algunas variantes muy específicas que no cuentan ni mucho menos con el acuerdo mayoritario de la comunidad científica.

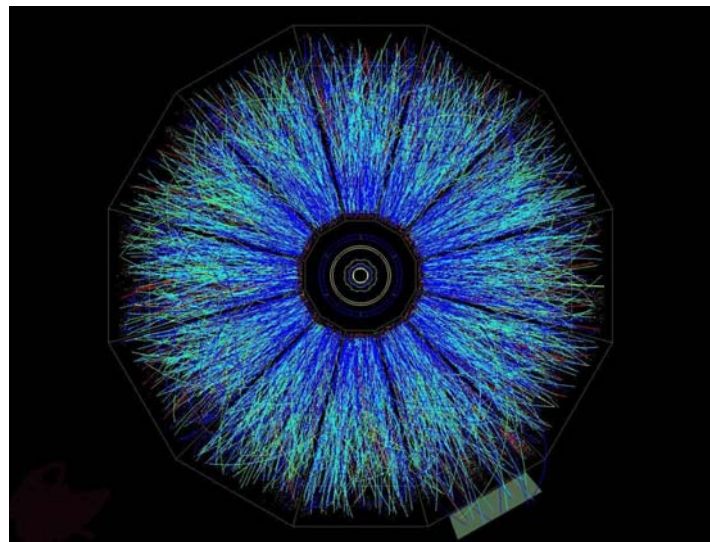
Voy a presuponer de entrada que es factible (incluso probable) que los experimentos previstos generen microagujeros negros (cosa que tampoco está tan clara)

¿Como serían éstos? La teoría que prevé su existencia establece que la masa del agujero negro concentrada en la singularidad, genera un horizonte de sucesos que representa el límite a partir del cual no es posible escapar de él. Este límite viene determinado por la masa del agujero negro y se conoce como radio de Schwarzschild, y su valor se calcula con la siguiente fórmula,  $r=2\cdot G\cdot m/c^2$ , donde  $r$  es el radio buscado,  $G$  es la constante de gravitación universal,  $m$  es la masa del agujero negro y  $c$  es la velocidad de la luz.

Veamos algunos ejemplos de hipotéticos agujeros negros en base a la masa de la Tierra, la Luna, una masa de una tonelada o una de un kilogramo.

En el primer caso, reducimos la Tierra a un agujero negro, este tendría un radio de 9mm. En el caso de la Luna su radio se reduce a 0,1mm. Para una tonelada el radio es de  $1,5 \times 10^{-24}$ m y en el caso de una masa de un kilogramo sería de  $1,5 \times 10^{-27}$ m. En realidad bastante menor que el tamaño de un núcleo atómico que está entre los  $10^{-15}$  y los  $10^{-14}$ m.

Pero en el caso que nos ocupa estamos hablando de la supuesta creación de un agujero negro por la colisión de un par de protones, y la masa de estos es de  $1,6726 \times 10^{-27}$ Kg. Pero si consideramos la masa relativista debida a la aceleración proporcionada por el LHC y suponiendo que los 14 TeV se conviertan íntegramente en masa, esta se situaría en  $2,50 \times 10^{-23}$ Kg (la masa habría aumentado por un factor de algo más de 1000). Este es el primer problema: esta masa se sitúa muy por debajo de la masa de Planck ( $2,18 \times 10^{-8}$ Kg), límite inferior a partir del cual entran en conflicto la descripción clásica y la descripción cuántica de la gravedad y que sería la masa del agujero negro de menor tamaño.



*Experimento en el RHIC*

No obstante y dado que existen algunos físicos que postulan que la aplicación de modelos de la teoría de cuerdas de múltiples dimensiones permitirían agujeros negros menos masivos aún. Ello sería debido al hecho de que existiendo más de tres dimensiones espaciales, a distancias muy cortas se incrementaría exponencialmente la fuerza de la gravedad. Por tanto seguimos.

Esto sitúa el radio del agujero negro en  $3,70 \times 10^{-50}$ m, es decir  $4,5 \times 10^{34}$  veces mas pequeño que el protón.

Por otra parte la fuerza de atracción del agujero negro sería equivalente a la de la tierra en su superficie a una distancia de  $1,7 \times 10^{-34}$ m, por lo que prácticamente tendría que colisionar directamente con una partícula para poder absorberla.

Realicemos un pequeño juego para tener una idea más clara de lo que significan estos datos.

Consideremos un átomo de hierro. El total de protones y neutrones de su núcleo es de 56. Si este núcleo tuviera el tamaño de un balón de fútbol (22 cm de diámetro), el tamaño del átomo sería de 14,57Km de diámetro, en su mayor parte totalmente vacío.

¿Cuál sería el tamaño del agujero negro a esta escala? Pues  $1,77 \times 10^{-34}$  m, es decir, enormemente pequeño en comparación. Su sección útil en el proceso de absorción de materia sería extremadamente pequeña. (Pensemos que al ser mucho menor que un protón –a esta escala sus dimensiones estarían sobre los 7 cm de diámetro- su capacidad de absorción solo puede estar referida a las partículas constituyentes del mismo –quarks, gluones y partículas virtuales- que en el caso de los quark se les calcula una dimensión inferior a  $10^{-18}$ , lo que a la escala representativa que utilizamos sería del orden de 0,005 cm. Para valorar mejor la diferencia de tamaño entre un protón y el agujero negro creado, consideremos que si este último tuviera un tamaño de un milímetro, el protón sería de 13.000 billones de años luz, algo así como 140.000 millones de universos -tomando las últimas consideraciones del tamaño del universo que, incluyendo los efectos de la inflación, se sitúan en 93.000 millones de años-luz de diámetro-)

Por otra parte existen cuatro modelos de agujeros negros:

El de Schwarzschild, (1916) – Sin carga eléctrica y sin rotación

El de Reissner-Nordstrom (1918) – Con carga eléctrica y sin rotación

El de Kerr (1963) – Sin carga eléctrica y con rotación

El de Kerr-Newman (1965) –Con carga eléctrica y con rotación.

Dado que las predicciones sobre la formación de agujeros negros indican que conservan masa, spin y carga eléctrica, es de suponer que el agujero negro resultante tendrá carga eléctrica, que al ser positiva generará una fuerza de repulsión al acercarse a un núcleo atómico. Si tenemos en cuenta que a estas dimensiones el electromagnetismo es una fuerza cerca de 40 órdenes mas elevada que la gravedad, no parece probable la interacción entre ambos ya que sería repelido.

Presumimos, además, que toda la energía de la colisión se transforma en masa (cosa bastante discutible) y que en caso contrario, la energía radiada (no convertida en masa) tenga una perfecta simetría esférica para que el microagujero negro resultante no tenga movimiento (en caso contrario no requeriría mucha velocidad para escapar de la tierra – los efectos gravitatorios a esta dimensiones y masas no son significativos)

Las probabilidades de absorción de materia son extraordinariamente bajas. Por tanto no estamos hablando de un proceso catastrófico que dure segundos, minutos, horas, días, ni siquiera meses.

Por consiguiente y para que el agujero negro pueda realizar la larga labor de ir “comiéndose” la Tierra, es requisito indispensable que las teorías que prevén la radiación de los agujeros negros estén equivocadas. Si estas son ciertas la vida media del agujero negro no sobrepasará los  $10^{-27}$  segundos (“muy poco tiempo para comer”).

¿Qué pasa si efectivamente no radia? La velocidad a que nos comerá depende de las dimensiones adicionales que tenga el universo. Si tiene cuatro espaciales, en principio

lo tendríamos jodido. La previsión es de 27 años (eso sí, nos da tiempo a echarnos al vicio y vivir a tope). Si las dimensiones espaciales son 5, el tiempo se alarga a algunos millones de años. Más de 6, el tiempo necesario es mucho mayor (nuestra galaxia ya habrá chocado con Andrómeda, nuestro Sol ya habrá desaparecido y quien sabe donde estará la Tierra, si es que existe). Consideración: la mayoría de teorías actuales de cuerdas trabajan sobre la hipótesis de más de 9 dimensiones.

El problema (para quienes ya estáis haciendo planes para una vida de vicio, desenfreno y pecado) es que de cumplirse la primera opción (incluso la segunda) ya no estaríamos aquí. Ni nosotros, ni el resto de los planetas del sistema solar, ni el Sol, ni... ¿Por qué? Por culpa de los rayos cósmicos. Los recibimos cada día, todos los días del año, todos los años. El 90% son protones (sí, las mismas partículas que se utilizarán en los experimentos). El 9% son partículas alfa (núcleos de helio, dos protones y dos neutrones). Y el 1% partículas más pesadas. Por supuesto son más abundantes los rayos menos energéticos, pero desde una media de 10 por  $m^2$  y minuto con una energía de 1 TeV a 0,005 por  $Km^2$  y año con una energía del orden de  $10^8$  TeV (es decir siete órdenes de magnitud mayor que la energía prevista en el LHC). Pueden parecer pocos, pero teniendo en cuenta que la superficie de la Tierra supera los 510.000.000  $Km^2$ , el número de casos de rayos cósmicos altamente energéticos es superior a 2.500.000 al año ( $1,125 \times 10^{16}$  casos a lo largo de la existencia de la Tierra). Así que tenemos que estar rodeados de agujeros negros por un tubo. De hecho un grupo de científicos se ha propuesto buscar indicios de la desintegración de agujeros negros por radiación en la atmósfera.

Si extendemos estos cálculos a otros cuerpos, como por ejemplo Júpiter o el propio Sol, comprobamos que la cantidad de casos se incrementa notablemente. En el caso de Júpiter, con una superficie de  $6,41 \times 10^{10}$   $Km^2$  el número de casos se sitúa en 50.000.000 por año. Y en el caso del Sol cuya superficie es de  $6,08 \times 10^{12}$   $Km^2$ , el número de casos se eleva a más de 30.000.000.000 al año.

La alegación de que las colisiones con los rayos cósmicos, al conservar parte del momento atraviesan velozmente la tierra sin tener tiempo para causar efecto alguno es fácilmente rebatible pues las mismas circunstancias se dan en estrellas de neutrones y enanas blancas, pero debido a la enorme densidad de estos cuerpos si serían retenidos los microagujeros negros. Y no obstante no se observan los efectos supuestos en las observaciones astronómicas.

¿Y que pasa si radian pero débilmente? Se abren varias posibilidades:

A- Radian débilmente en todas direcciones

B- Radian débilmente solo en ciertas direcciones

Ba- Radian débilmente con una rapidez menor que el tiempo necesario para atravesar un protón.

Bb- Radian débilmente pero con rapidez

Bc- Radian débilmente pero con la rapidez justa para que se puedan tragar un protón.

A- A partir de las estimaciones de la energía en los rayos cósmicos, en la "vida" de la Tierra se habrán producido unos 30 mil millones de microagujeros negros de este tipo, así que si aún estamos aquí mucho no deben tragar.

Ba- Si las partículas que emite son menos pesadas que el electrón y las que absorbe más pesadas que un protón, el escenario es imposible. En otro caso no nos puede afectar.

Bb- Es equivalente a una radiación fuerte, el agujero negro desaparece rápidamente.

Bc- Si la fracción de protón que puede tragarse al atravesarlo (recordemos que está compuesto por quarks, gluones y partículas virtuales) es superior a 40 millonésimas, no existirían las estrellas densas como las enanas blancas de más de 1000 millones de años de antigüedad (dado que existen, no es posible esta opción). Si es inferior a 40 millonésimas, si puede tragarse la tierra, pero en un periodo de un billón de billones de billones de años (o sea que lo mismo nos da).

¿Qué pretenden esos dos individuos con su denuncia? Su segundo de fama y gloria. Al norteamericano no se le conocen trabajos mínimamente en el ámbito de la física. Por lo que al español se refiere, es creador de una teoría cosmológica a la que nadie ha hecho el mínimo caso (al parecer tanto le da hablar de cosmología como de economía y a ambas aplica la misma teoría –“los ciclos del tiempo”- inventada por él). Phil Plait, astrónomo, dice de él: *“Está un poco apartado de la principal corriente científica. De hecho, muy lejos de la corriente. Es más, no creo que ni siquiera puedas ver la corriente desde donde él está”*. Lo que resulta muy descriptivo.

Se aprovechan, de un modo perverso, de un principio de la mecánica cuántica y es que la probabilidad de un suceso como este no es nula, aunque muy pequeña. Como no lo es que el efecto túnel pueda darse en un macro objeto. Si dejamos caer una llave sobre una mesa, la probabilidad que la llave aparezca debajo de la mesa “atravesando” la superficie de la misma por efecto túnel no es nula. Pero es tan remotamente improbable que yo, desde luego, no me apostaría nada en su favor.