

**Colegio Gaztelueta - Bachillerato Internacional
Monografía**

**¿ES POSIBLE REPRODUCIR EL MOMENTO
EXACTO DEL ORIGEN DEL UNIVERSO
MEDIANTE EL ACELERADOR DE
PARTÍCULAS?**

*Gabriel Ibarra Pérez
Febrero 2010*

Hace 13.7 billones de años no había absolutamente nada. Ni espacio, ni tiempo, ni materia. Entonces se produjo el Big Bang, y un puntito de luz apareció de la nada, se expandió a una velocidad inimaginable y creó todo lo que vemos en el Universo hoy en día.

¿Cómo comenzó la vida?. Esta es la pregunta crucial que los humanos nos hemos hecho durante siglos. Nuestro planeta es un hervidero de vida, desde la más alta montaña hasta el más profundo océano, hay vida en todas partes. Pero ¿cuál fue el pistoletazo que hizo estallar la carrera de la evolución? ¿Cómo paso la materia de ser inerte a tener vida?.

De esta forma, este trabajo tiene por objeto profundizar en la idea de si es posible reproducir el momento exacto del origen del universo mediante una maquina gigante, el acelerador de partículas.

ÍNDICE

1. TEORÍAS CIENTÍFICAS SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO

2. EL GRAN COLISIONADOR DE HADRONES (LHC)

2.1 Objetivos

2.2 Los detectores

2.3 Presupuesto

2.4 Alarmas sobre posibles catástrofes

2.5 Situación actual

3. CONCLUSIONES

4. BIBLIOGRAFIA

1. TEORÍAS CIENTÍFICAS SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO

A lo largo de los siglos se han formulado diferentes teorías para explicar el origen del Universo. Exponemos brevemente a continuación las teorías científicas más reconocidas y aceptadas que han ayudado al desarrollo de posteriores teorías hasta llegar a la que actualmente hoy en día se considera como cierta: la teoría del Big Bang.

La teoría inflacionaria

Alan Guth intenta explicar los primeros instantes del Universo. Para ello se basa en estudios sobre campos gravitatorios fortísimos, como los que hay cerca de un agujero negro. Alan supone que una fuerza única se dividió en las cuatro que ahora conocemos, produciendo el origen del Universo.

No se puede imaginar el Big Bang como la explosión de un punto de materia en el vacío, porque en este punto se concentraba toda la materia, la energía, el espacio y el tiempo. No había ni "fuera" ni "antes". El espacio y el tiempo también se expanden con el Universo.

La Teoría del Estado Estacionario

Muchos consideran que el universo es una entidad que no tiene principio ni fin. No tiene principio porque no comenzó con una gran explosión ni se colapsará, en un futuro lejano, para volver a nacer. La teoría que se opone a la tesis de un universo evolucionario es conocida como "teoría del estado estacionario" o "de creación continua" y nace a principios del siglo XX.

"En 1948 los astrónomos Herman Bondi, Thomas Gold y Fred Hoyle retomaron este pensamiento y le añadieron nuevos conceptos. Nace así el "principio cosmológico perfecto" como alternativa para quienes rechazaban de plano la teoría del Big Bang.

Dicho principio establece, en primer lugar, que el universo no tiene un génesis ni un final, ya que la materia interestelar siempre ha existido. En segundo término, sostiene que el aspecto general del universo, no sólo es idéntico en el espacio, sino también en el tiempo."¹

La Teoría del Universo Pulsante

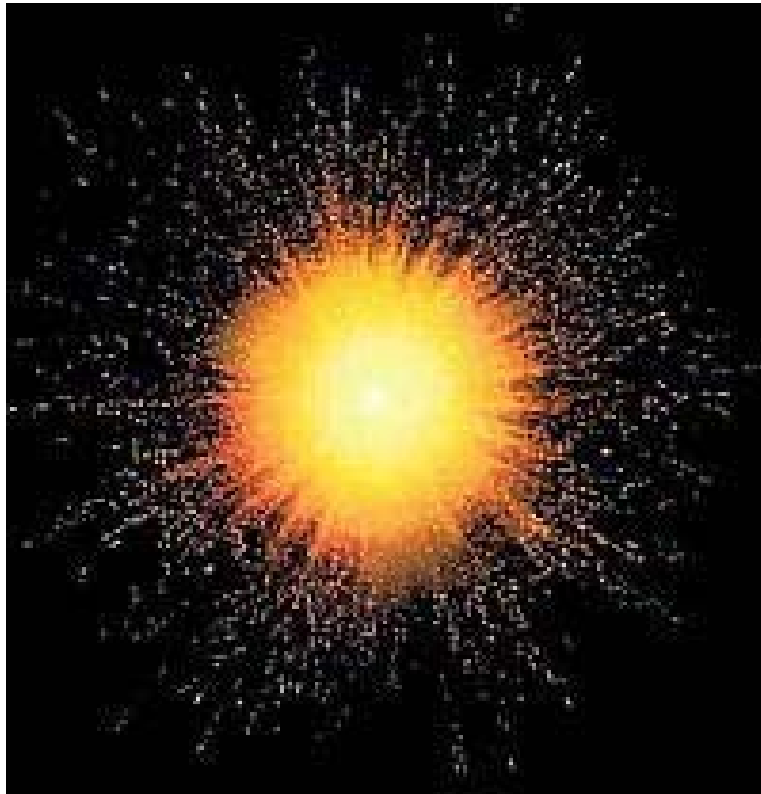
Nuestro universo sería el último de muchos surgidos en el pasado, es decir, resultado de sucesivas explosiones y contracciones (pulsaciones).

El momento en que el universo se desploma sobre sí mismo atraído por su propia gravedad es conocido como "Big Crunch" en el ambiente científico. El Big Crunch marcaría el fin de nuestro universo y el nacimiento de otro nuevo, tras el subsiguiente Big Bang que lo forme.

¹ wikipedia

Teoría del Big Bang y el Bosom de Higgs

Los científicos, a través de la historia de la tierra, han intentado explicar el origen del Universo con diversas teorías, entre las que, en la actualidad la más aceptada es la del Big Bang.



El Big Bang, literalmente gran estallido, constituye el momento en que de la "nada" emerge toda la materia, es decir, el origen del Universo. La materia, hasta ese momento, es un punto de densidad infinita, que en un momento dado "explota" generando la expansión de la materia en todas las direcciones y creando lo que conocemos como nuestro Universo.

Inmediatamente después del momento de la "explosión", cada partícula de materia comienza a alejarse muy rápidamente una de otra, de la misma manera que al inflar un globo éste va ocupando más espacio expandiendo

su superficie. Los choques y un cierto desorden hicieron que la materia se agrupara y se concentrara más en algunos lugares del espacio que en otros, y así se formaron las primeras estrellas y las primeras galaxias. Desde entonces, el Universo continúa en constante movimiento y evolución.

Esta teoría se basa en observaciones rigurosas y es matemáticamente correcta desde un instante después de la explosión, pero no tiene una explicación para el momento cero del origen del Universo, llamado "singularidad".

El bosón de higgs

En el siglo XX se ha descubierto que los constituyentes más pequeños de la materia son un conjunto de partículas elementales, es decir, indivisibles, que interactúan a través de diversos tipos de fuerzas. La teoría que explica cómo funciona toda esta maquinaria se llama Modelo Estándar. Esta teoría representa la visión del mundo de la física de hoy en día. Sin embargo, no es ni mucho menos definitiva. En efecto, para que la teoría funcione, tiene que explicar una propiedad fundamental de los objetos, en concreto, su masa. Todos experimentamos lo que es la masa cuando intentamos mover un objeto. Su inercia, su resistencia a ponerse en movimiento si está parado o a pararse si se mueve, es debida a su masa. La masa es también responsable, junto con la fuerza de atracción de la tierra, de que tengamos un peso. En 1960, el físico británico Peter Higgs concluyó que, para que la existencia de la masa pudiera

encajar en el Modelo Estándar, tenía que existir una partícula que nunca se había observado, que desde entonces se ha llamado bosón de Higgs.

Como consecuencia de todo esto, uno de los retos científicos más ambiciosos de nuestros días es la búsqueda del bosón de Higgs, ya que la existencia de esta escurridiza partícula es fundamental para que la visión del mundo de la física contemporánea sea consistente.

Se espera que el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) pueda confirmar o desmentir la existencia de este bosón en un plazo de cuatro o cinco años como mucho.



Los bosones de Higgs reciben asimismo una denominación más popular: las 'Partículas de Dios' o 'Partículas Divinas' a raíz del título de un libro no científico escrito por Leon Lederman, laureado con el Nobel en 1988.

Una simulación del CMS del LHC mostrando cómo se prevé que sean las trazas del Bosón de Higgs

2. EL GRAN COLISIONADOR DE HADRONES (LHC)

En el corazón de la cordillera del Jura, justo en la frontera entre Francia y Suiza, se alberga el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN), fundado en 1954 para explorar los componentes más elementales de la materia. En esta ubicación se ha construido el Large Hadron Collider (LHC), el mayor acelerador de partículas de la historia, en el interior de un túnel circular de 27 kilómetros situado a 100 metros bajo tierra y cuyas primeras pruebas se realizaron el 10 de Septiembre del 2008. Durante los próximos 30 años será la herramienta con la que los científicos intentarán responder a las mayores incógnitas de la ciencia.

De igual modo que rompemos un objeto con un martillo o una sierra para analizar su interior, el LHC rompe la materia con altas energías y enormes presiones para descubrir sus secretos.



Esta imagen tan simplista del proyecto del LHC en realidad entraña un proceso que requiere de una instalación muy especial. Se trata de una obra faraónica para la que han sido necesarios 15 años de proyección, el trabajo de 2.500 científicos implicados directamente y algunos miles más repartidos por todo el mundo, que de un modo u otro han contribuido a que el proyecto sea una realidad.

Se espera que dé respuesta a incógnitas muy importantes como la ya mencionada del llamado modelo estándar, que en Física de partículas es el que se encarga de explicar los fenómenos que tienen que ver con las partículas elementales y las interacciones entre ellas.

Para ello, se han intercalado cuatro enormes cámaras a modo de detectores en este enorme anillo que reproducirán y registrarán los acontecimientos posteriores al Big Bang con la esperanza de hallar respuestas a la vida, al universo y a todo cuanto conocemos. Estas cámaras tomarán 40 millones de imágenes por segundo, así como imágenes antiguas y capturarán los primeros instantes del universo.

Para conseguir todo esto el LHC hará circular dos haces de protones en dos sentidos opuestos a una velocidad muy próxima a la de la luz. El equivalente a recorrer 16.000 millones de Km. en 10 horas o a ir y volver a Neptuno. Estos protones girarán y girarán alrededor del túnel por el que son proyectados en un haz, tomando cada vez más fuerza cinética, y cuando se alcancen los niveles óptimos para el experimento y el haz esté estabilizado, se harán chocar las que van en un sentido con las que van en el sentido contrario y las tremendas colisiones (alrededor de 800 cada segundo) generarán eventos de energía que se transformarán en unas partículas muy especiales, que son las que se quieren estudiar. Se trata de que las partículas choquen unas con otras justo en el centro de los detectores, reproduciendo así el Big Bang.

2.1. Objetivos

Podemos fijar en cuatro grandes objetivos lo que se espera conseguir con la puesta en marcha del LHC.

1. **Verificar la existencia de "El bosón de Higgs"**: Como ya hemos comentado, una de las grandes incógnitas es por qué las partículas elementales tienen masa y por qué ésta es diferente para unas y otras. "La respuesta puede hallarse en un hipotético campo que llenaría el espacio, el campo de Higgs, y daría masa a las partículas. Aún no está demostrada su existencia más que teóricamente (desde los años sesenta)"².
2. **Demostrar la teoría unificadora**: si se detectan partículas supersimétricas, se confirmaría la teoría unificadora, que postula que antes del Big Bang, las cuatro fuerzas físicas fundamentales – la gravitacional, la electromagnética, la nuclear débil y la nuclear fuerte – estaban unidas en una sola.
3. Comprender **por qué la naturaleza prefiere la materia a la antimateria**.
4. **Saber de qué está hecho el 95% del universo**, que en la actualidad desconocemos. Sólo sabemos que no está hecho de "materia" conocida.

Además, y aunque las aplicaciones no son la prioridad en el proyecto LHC, ya están surgiendo grandes ventajas "colaterales":

- **La nueva Red: "The Grid"**, es una nueva red de transmisión de información diseñada para almacenar y mover la enorme cantidad de datos que el acelerador de partículas producirá.

Esta red permitirá enviar datos a una velocidad 10.000 veces superior a la de los estándares actuales (por ejemplo, bajar una película en DVD llevaría apenas 5 segundos, y transferir la discografía completa en MP3 de los Stones desde Gran Bretaña a Japón, tardaría dos segundos).

- **Mayor rentabilidad de la energía solar**: podría volverse mucho más rentable si las dos tecnologías que existen actualmente resolvieran cada una sus limitaciones: Por una parte, los paneles fotovoltaicos pierden mucha energía, y por otra parte, los tubos de vacío ofrecen una superficie muy limitada.
- **Beneficios para las empresas**: De algún modo, las empresas se benefician gratuitamente de un gigante departamento de I+D que nunca podrían permitirse. Además, la colaboración de las empresas con el CERN es a la vez una forma barata de adquirir técnicas y una excelente tarjeta de visita. Sus clientes entienden que una firma que es proveedora oficial del LHC no puede permitirse fallar en cuestiones de precisión o de seguridad. Por eso algunos trabajadores del CERN confiesan que las empresas que colaboran con el

² www.cern.ch

instituto también hacen una campaña discreta para que los poderes públicos sigan subvencionando la física experimental.

2.2. Los detectores

Como hemos explicado, el LHC está compuesto por cuatro detectores que se hallan preparados para revelar las partículas que se generen y para rastrear su comportamiento. Cada aparato tiene diferentes metas físicas, pero todos tienen que realizar estudios de simulación masiva de los "sucesos" que serán producidos cuando los haces de protones colisionen.

- **ALICE** (a Large Ion Collider Experiment): ALICE es uno de los experimentos más pequeños del LHC, si bien su objeto de estudio es de los más fascinantes. La cantidad de datos que ALICE generará podría llenar tres DVD por minuto y eso a pesar de que sólo un 10% de las colisiones entre los iones que se hagan chocar para este experimento valdrán como objeto de estudio.



-
- **ATLAS** (A Toroidal LHC ApparatuS) : Este coloso, aparte de ser el mayor detector jamás construido, es uno de los dos experimentos de carácter

general (junto al CMS) y está ideado para poder detectar y medir las propiedades incluso de algún nuevo tipo de proceso físico o de partícula que pudiera surgir en el transcurso de los experimentos. Para desarrollarlo y construirlo se han unido 2.000 físicos de más de 150 centros de 36 países. ATLAS buscará el bosón de Higgs, al igual que el fenómeno que va más allá del modelo estándar, el llamado Tecnicolor.



-
-
- CMS (Compact Moun Solenoid). "Se trata de uno de los dos experimentos de carácter general construidos en el LHC y participará en el descubrimiento del bosón de Higgs, buscará evidencias de la súper



construido hasta la fecha."³

simetría y estudiará diversos aspectos relacionados con las colisiones de iones pesados. Su solenoide, un gran electroimán de 13 m. de largo y 6 m. de diámetro, es el mayor

En definitiva, el LHC no es sólo el proyecto científico más ambicioso de la Historia, sino que también está resultando uno de los más apasionantes en lo que al desarrollo técnico e industrial se refiere. Desde los sistemas criogénicos más avanzados, a los cables de superconductividad o la computación distribuida, las herramientas usadas en el LHC son verdades pioneras y marcan el camino para otros usos industriales.

2.3. Presupuesto

La construcción del LHC fue aprobada en 1995 con un presupuesto de 1700 millones de euros, junto con otros 140 millones € destinados a los experimentos. Sin embargo, este coste fue superado en la revisión de 2001 en 300 millones de euros en el acelerador, y 30 mil euros más en el apartado para experimentos. Otros 120 mil euros más se han tenido que destinar al incremento de costes de las bobinas magnéticas superconductoras. .

El presupuesto de la institución aprobado para 2008, es de 660.515.000 euros de los que España aportará el 8,3%, un total de 53.929.422 euros.

³ .Wikipedia

El presupuesto total del proyecto asciende a **3.900 millones de euros**. Dos tercios de este dinero se ha gastado en los equipamientos y el resto en los salarios de los miles de ingenieros y físicos contratados para este proyecto.

2.4. Alarmas sobre posibles catástrofes

Algunos científicos han denunciado que existe un 75% de posibilidades de que su funcionamiento desencadene procesos que, según ellos, serían capaces de provocar la destrucción no sólo de la Tierra sino incluso de todo el Universo. Sin embargo su postura es rechazada por la comunidad científica, ya que carece de cualquier respaldo matemático que la apoye.

Los procesos catastróficos que denuncian son:



1. La creación de un agujero negro.

Un agujero negro es un objeto con una gravedad tan fuerte que nada puede escaparse de él, ni siquiera la luz. La masa del agujero negro está concentrada en un punto de densidad casi infinita, llamado singularidad. En la propia singularidad, la gravedad es de una fuerza casi infinita, por lo que aniquila el espacio-tiempo normal.

2. La creación de materia extraña supermasiva, tan estable como la materia ordinaria.

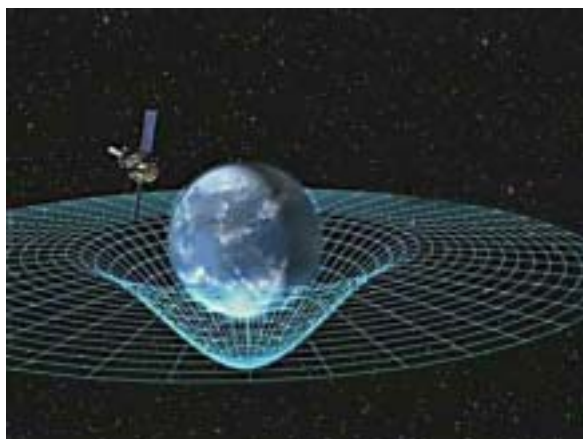
Esta materia extraña se presentaría en forma de pequeñas agrupaciones, como grumos, llamadas "strangelets", que podrían interactuar, en teoría, con los átomos normales, liberando energía y convirtiéndolos en más materia extraña que se agregaría a los grumos. El proceso podría continuar sin límite, de modo que un "strangelet" podría crecer y crecer, convirtiendo cada vez más materia normal en materia extraña, hasta haber mutado al mundo entero en un planeta de "materia extraña".



Sin embargo los científicos a favor del LHC, insisten en que las posibilidades de que el colisionador cree «materia extraña» y que esta cause un estropicio son nulas. La materia extraña, para empezar, requiere temperaturas y

energías mucho menores que las que maneja el nuevo colisionador (y, además, ni siquiera se ha demostrado aún que exista).

3. La creación de monopolos magnéticos (previstos en la teoría de la relatividad) que pudieran catalizar el decaimiento del protón.



Una de las predicciones de la Teoría de la Relatividad de Albert Einstein, sostiene que un objeto grande como la Tierra "hunde" el espacio-tiempo a su alrededor como si de una bola de plomo sobre una lámina de goma se tratase. Además, la Tierra "arrastra" el espacio-tiempo con su rotación haciendo que éste también gire.

- 4-La activación de la transición a un estado de vacío cuántico.

El vacío cuántico es el estado con la menor energía posible. Generalmente no contiene partículas físicas. El vacío cuántico o "estado de vacío", no es bajo ningún punto de vista un simple espacio vacío. Es un error pensar en cualquier vacío físico como un absoluto espacio vacío. El vacío cuántico no está verdaderamente vacío sino que contiene ondas electromagnéticas fluctuantes y partículas que saltan adentro y fuera de la existencia.

Para tranquilizar a estos científicos y a la opinión pública, el CERN ha realizado estudios sobre la posibilidad de que se produzcan acontecimientos desastrosos como los descritos anteriormente. La conclusión de estos estudios es que "no se encuentran bases fundadas que conduzcan a estas amenazas" y argumentan lo siguiente:

Es cierto que el LHC puede alcanzar una energía que ningún otro acelerador de partículas ha alcanzado antes, pero durante miles de millones de años la naturaleza ha generado sobre la tierra tantas colisiones como un millón de experimentos equivalentes al LHC, y el planeta tierra todavía existe. Por lo tanto, la posibilidad de consecuencias peligrosas contradice lo que los astrónomos observan, ya que, las estrellas y las galaxias todavía existen.

Por todo ello, podemos concluir que las colisiones dentro del LHC no representan peligro alguno para la vida en la tierra.

2.5. Situación actual

El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) comenzó su funcionamiento el día 10 de septiembre 2008. Menos de dos semanas después de que arrancara se supo que había sufrido una fuga de helio por lo que tendría que estar parado hasta la primavera del 2009.

El colapso mecánico se debió probablemente a **un fallo en la conexión eléctrica** entre dos de los imanes del acelerador, y este problema tardaría unas ocho semanas en repararse. Posteriormente, como todos los inviernos, el CERN detendría el funcionamiento de todas sus instalaciones para realizar tareas de mantenimiento, lo que retrasaría la nueva puesta en marcha del LHC hasta la primavera del 2009. La evaluación de los daños mostró que la reparación sería complicada.

En los meses posteriores al fallo, los científicos del LHC se reorganizaron para aprovechar al máximo los meses con el acelerador averiado. A raíz del parón que provocó el fallo tuvieron que adelantar planes, reorganizar de nuevo los equipos de trabajo, redefinir las actividades de la puesta en marcha del detector, del software y del análisis de datos.

Hay mucho trabajo en estos macro equipos científicos, mientras los ingenieros y técnicos del CERN se ocupan de la complicada reparación del acelerador. La buena noticia es que hay piezas de recambio disponibles y, sobre todo, que el sector del LHC afectado por la avería era el último que se estaba probando y que en los otros siete no se habían producido incidentes.

A pesar de todo esto, para miles de físicos de partículas en el mundo el parón ha sido un imprevisto frustrante, como si nada más entreabrirse una puerta por la que iban a asomarse a los secretos del universo, ésta hubiese dado un portazo. A lo largo de este próximo mes de marzo 2010, se espera conectar con éxito de nuevo el LHC.

3.CONCLUSIONES

Sabiendo de antemano todo esto, se podría afirmar la eficacia de el acelerador de partículas en lo que se refiere a la reproducción exacta del origen del universo mediante unas conclusiones.

PRIMERA : La seguridad del LHC:

Es cierto que el LHC puede alcanzar una energía que ningún otro acelerador de partículas ha alcanzado antes, pero la naturaleza produce a diario energías mayores en colisiones de rayos cósmicos. Durante miles de millones de años la naturaleza ha generado sobre la tierra tantas colisiones como un millón de experimentos equivalentes al LHC, y el planeta tierra todavía existe. El universo entero produce más de 10 millones de millones de experimentos como el LHC por segundo. La posibilidad de consecuencias peligrosas contradice lo que los astrónomos observan, las estrellas y las galaxias todavía existen.

Por todo ello, podemos concluir que las colisiones dentro del LHC no representan peligro alguno para la vida en la tierra.

SEGUNDA : La oportunidad

Aunque uno de los objetivos más importantes que se pretende alcanzar con el LHC es descubrir el origen del universo, el camino para conseguirlo es una oportunidad para encontrar salidas a muchos de los problemas que acucian a la humanidad en la actualidad: la energía, la comunicación, la medicina o el transporte aeroespacial. Por tanto, estas investigaciones son una actividad fundamental, y todos los recursos que se apliquen en estos campos abrirán nuevas puertas a la humanidad.

Lejos de entender que el gasto en estas investigaciones son una pérdida de tiempo y de dinero, la realidad es que, como ya ocurrió en el pasado, la investigación en ciencia básica puede dar lugar a nuevas formas de entender el universo en el que vivimos, y, de ese modo, mejorar nuestras posibilidades de cara al futuro. Se trata pues, de una inversión en un seguro para la humanidad. Aunque no sabemos si ese seguro contendrá cláusulas que limiten nuestras posibilidades. Es un reto que sin duda merece la pena iniciar.

TERCERA : Mas allá de la ciencia

Si toda la evidencia de que actualmente se dispone parece indicar que nuestro universo tuvo un inicio definido, cabe hacerse multitud de preguntas: ¿De dónde procede el universo? ¿Qué existía antes de que comenzara? ¿De dónde surgió la increíble energía para la conflagración cósmica que supone el Big Bang?.

Puesto que las probabilidades de obtener evidencia concreta de antes del Big Bang son escasas, la mayoría de científicos coinciden en que "tales cuestiones trascienden los límites de la ciencia".

Incluso si resultase posible desarrollar una teoría tal, quedarían aún preguntas fundamentales por responder: ¿Por qué existe algo en vez de nada?. Las fuerzas de la naturaleza, ¿son realmente autónomas o fueron preconcebidas? ¿Como podemos justificar la existencia de un modelo previo tan elegantemente diseñado, capaz de crear un universo tan vasto y complejo de la nada?.

Cuestiones de tal envergadura no pueden abordarse desde una perspectiva científica, sino filosófica. No tenemos porqué sorprendernos ni sentirnos incómodos si los descubrimientos científicos nos conducen a preguntas de esta índole.

Por lo tanto, es preciso aceptar que la ciencia plantea continuamente interrogantes filosóficos que trascienden su propia competencia o esfera de actuación.

CUARTA: La teoría del Big Bang con ser la más aceptada, no está exenta de problemas. El primero es cómo fue posible la formación de las galaxias en el Universo primitivo, ya que para su formación era preciso que se diese la suficiente concentración de materia superior a la normal mantenida durante un

tiempo duradero. Otra cuestión a la que esta teoría no da respuesta es dónde está la antimateria que debería existir en igual concentración que la materia.

CONCLUSIÓN FINAL

Independientemente de que el acelerador de partículas consiga su primordial objetivo de recrear el momento único y exacto del origen del universo, lo que es evidente es la dificultad que se está teniendo para tratar de conseguirlo, a juzgar por los sucesivos parones que han tenido lugar durante la fase de arranque.

En cualquier caso, hay que reconocer que el megaproyecto será un gran éxito de la ingeniería y de la comunidad científica mundial.

En realidad la teoría del Big Bang, aunque resulte ser la más aceptada por el mundo científico apenas tiene unos pocos años de vida (fue defendida por Stephen Hawking en 1975). Por otra parte, la Biblia enseña que Dios creó el universo y todo lo que hay en él. La teoría de la evolución enseña que el hombre es producto del desarrollo de formas simples de vida a formas más complejas, por azar, tal como una máquina que se construye a sí misma. Esta teoría descarta la necesidad de un Creador inteligente o un Diseñador Maestro.

Sea cual sea la opción personal elegida para explicarse el origen del universo, lo más notable de todo es el hecho de que tanto en las teorías científicas como en la de la Biblia **el mundo comienza con un acto de creación**, por lo que, en último término, se hace imposible entender la una sin la otra.

3999 palabras

3. BIBLIOGRAFÍA

National Geographic Channel : programa sobre "El acelerador de partículas" emitido en Noviembre 2008.

BOLETIN INTERNO DE FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS www.cerncourier.com

Departamento de aceleradores del CERN: <http://ab-div.web.cern.ch>

Web de comunicación del LHC : www.interactions.org

Revista Scientific American del 12-02-2008

Revista Logismarket del 12-09-2008. Artículo : El Reto /LHC

Revista Nature

Periódico "El País", artículo del 8 Noviembre 1008 de Alicia Rivera

Documento original : "LSAGSummaryReport2008".

Informes del Director General de la CERN sobre progreso de LHC.

<http://public.web.cern.ch/public/>

www.cern.ch