

Proyecto internacional LAGO

I. Torres
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla, México

En los últimos treinta años la forma en que percibimos el universo ha cambiado radicalmente, lo que en física llamamos “altas energías” es el área responsable principalmente de este cambio de visión, incluyendo el estudio de los rayos cósmicos y rayos gamma, por medio de estos nuevos estudios nos hemos dado cuenta que existen múltiples objetos en el cosmos que sufren de fenómenos extremadamente violentos.

Los rayos Gamma son parte del espectro electromagnético como las ondas de radio, rayos X, la luz ultravioleta, microondas, etc, sin embargo esta radiación Gamma, es la que tiene la mayor energía posible, sin embargo esta radiación es absorbida por nuestra atmósfera y el estudio de esta radiación proveniente del cosmos tuvo que esperar hasta que la tecnología pudo enviar sondas y satélites con detectores de rayos gamma, los primeros satélites de este tipo se pusieron en orbital en los 60's y 70's, pero no fue hasta 1990 cuando el Compton Gamma-Ray Observatory pudo catalogar mas de 200 objetos capaces de emitir fotones con energías de cientos de mega electrón volts (MeV), recientemente el Fermi Gamma-Ray Telescope, actualmente en órbita y operación desde junio del 2008, ha detectado mas de 3000 fuentes de rayos gamma con energías de Giga electrón Volts (GeV). La mayoría de estos objetos son galaxias activas, principalmente cuasares, pulsares y restos de supernovas dentro de nuestra galaxia.

Casi todos los procesos que emiten rayos gamma están además asociados a procesos no térmicos. Esto contrasta con lo que sucede en el óptico, en el que la mayor parte de la luz observada es térmica. La interpretación de las observaciones en la región gamma o gamma de muy alta energía requiere por tanto, de modelos teóricos sustancialmente distintos.

Por otro lado los rayos cósmicos son partículas elementales o núcleos atómicos que llegan desde el espacio, el 90% de los rayos cósmicos resultan ser protones, el resto son una mezcla de núcleos de Hierro, Carbón, Silicio, etc. Desde el punto de vista astrofísico, la existencia de estas partículas indica que en nuestra galaxia y más allá, hay objetos celestes que funcionan como aceleradores de partículas de una potencia extraordinaria. Siendo partículas cargadas inmersas en campos magnéticos, como el de la misma Vía Láctea, los rayos cósmicos no viajan en línea recta y la dirección de la cual los vemos llegar no indica su origen, es decir, no apunta al sitio donde fueron acelerados originalmente. Para saber qué objetos son los que producen rayos cósmicos es necesaria alguna evidencia indirecta. Hasta dónde sabemos, los procesos físicos que dan lugar a partículas de muy alta energía seguramente deben producir también rayos gamma, estos últimos tienen la ventaja de viajar en línea recta sin ser afectados por el campos magnéticos. Es decir que los objetos que emiten rayos gamma seguramente producen rayos cósmicos. Sin embargo hasta el momento el origen y mecanismo de aceleración de los rayos cósmicos, continua siendo un misterio.

Por otro lado, en años recientes, las áreas de astrofísica y física de partículas han trabajado juntas en una área común llamada Astropartículas, desarrollando nuevas técnicas basadas en la detección de partículas de alta energía, para poder obtener información antes inaccesible. Dentro de las técnicas usadas están los detectores basados en la técnica Cherenkov en agua. Estos detectores fueron empleados por primera vez, en el experimento Avera Park entre 1967 y 1987, para detectar rayos cósmicos. El éxito de esta técnica llevó a su implementación en experimentos de mayor tamaño como lo son el Pierre Auger Observatory y el observatorio MILAGRO, el cual fue el primer observatorio de rayos gamma basado en esta técnica y operó en Nuevo México USA, desde el año 1999 hasta 2008.

Este tipo de observatorios basados en detectores Cherenkov en agua, están situados en la superficie terrestre y son capaces de detectar rayos cósmicos y rayos gamma de forma indirecta, realmente estos rayos interactúan con nuestra atmósfera apenas entran en contacto con ella, produciendo un par de partículas, en general son electrones, positrones, piones, kaones y muones principalmente, éstas partículas llamadas “secundarias” siguen teniendo una cantidad muy grande de energía por lo que viajan un poco por la atmósfera y vuelven a producir más partículas y así sucesivamente, creando lo que llamamos una cascada atmosférica extendida, en el desarrollo máximo de esta cascada puede haber algunos cientos de millones de partículas secundarias, este máximo desarrollo se alcanza aproximadamente a una altura de 6,000 m.s.n.m. Después de alcanzar su máximo, las partículas tienen poca energía como para poder producir más partículas secundarias por lo que empiezan a ser absorbidas por la atmósfera y la cascada comienza a desaparecer. Es por esta razón que los observatorios que estudian rayos cósmicos o rayos gamma bajo esta técnica necesitan ser muy extensos o estar situados lo más cerca posible de los 6,000 m.s.n.m.

Por otro lado debido a que los rayos cósmicos tienen carga eléctrica, debemos tomar en cuenta la presencia del campo magnético terrestre y su interacción con estas partículas provenientes del espacio. Debido a que el campo magnético terrestre no es constante sino que forma en su primera aproximación un dipolo magnético, partículas con la misma energía podrán penetrar o no dependiendo del lugar geográfico, es decir del campo magnético en ese punto, así que al instalar un observatorio de rayos cósmicos se debe de tomar en cuenta este fenómeno denominado “rigidez magnética terrestre”.

LAGO, por sus siglas en inglés Latin American Giant Observatory, es un observatorio internacional de rayos cósmicos no centralizado, es decir que tiene detectores en 10 países de Latinoamérica, desde México hasta la Antártica, instalados a diferentes altitudes (desde 5240 m.s.n.m. hasta el nivel del mar) y diferentes cortes de rigidez magnética, lo conforman casi 100 miembros de 26 instituciones.

Las metas científicas de LAGO son el estudio de fenómenos violentos en el cosmos, clima espacial y estudio de eventos astronómicos transitorios mediante la detección de rayos cósmicos y rayos gamma, el observatorio funciona mediante la técnica de Cherenkov en agua, colocando contenedores de agua en los cuales las partículas secundarias de las cascadas atmosféricas extendidas, los traspasan, debido a que estas viajan más rápido que la velocidad de la luz en el agua, producen un choque de onda

conocido como efecto Cherenkov, produciendo luz azul, mediante detectores extremadamente sensibles, se capta esa luz y con esta información obtenida se puede inferir el tipo de partícula que originó la cascada, su energía y otros parámetros físicos. LAGO también tiene como objetivo el promover el entrenamiento de estudiantes latinoamericanos en el área de astropartículas y el de crear una red de investigadores latinoamericanos en esta área de la física.

Casi todos los detectores pertenecientes al proyecto LAGO están instalados en zonas remotas y poco accesibles, por lo que el uso de internet facilita la recolección de datos y las pruebas de salud de cada detector. Antes de instalar cada detector, se deben de realizar simulaciones computacionales que nos den alguna idea de los parámetros que esperamos o para establecer el diseño de los detectores. Para esto debemos simular la llegada de diferentes partículas, con diferentes energías y diferentes direcciones de llegada, simular los procesos físicos a los que se ven sometidas cada uno de estas cascadas durante su desarrollo dentro de la atmósfera, como se mencionó con anterioridad las partículas secundarias producidas por cada cascada, llegan a ser algunos centenares de millones de partículas individuales, después cada una de estas partículas se inyectan en un código de simulación Monte Carlo que nos da como resultado el desempeño de cada detector sometido a esta radiación. Debido a la gran cantidad de cálculos de ambas simulaciones, se requiere ahora el uso de Clusters de computadoras, una simulación de este tipo puede durar algunos meses en un Cluster de buen tamaño.

Los integrantes de este proyecto pertenecen a un número grande de universidades alrededor de toda Latino América por lo que para poder concentrar los esfuerzos de manera eficiente hemos utilizado nuevas tecnologías principalmente basadas en internet para realizar las reuniones frecuentes que se realizan mediante video conferencias.

El software utilizado para analizar todos los datos recabados por cada detector, es desarrollado por los varios miembros del proyecto; en décadas anteriores cada investigador era responsable por la programación de su software, sin embargo con la cantidad de datos que se tienen que procesar, ya no es viable que un solo investigador puede generar tal cantidad de código, esto nos ha llevado a explorar TIC's basados en trabajo colaborativo que nos permite trabajar a distancia, de forma independiente pero sin hacer interferencia destructiva con nuestros demás colegas.

El observatorio LAGO ha estado operando por algunos años, recabando datos de la detección de rayos gamma y rayos cósmicos, durante estos años se han registrado fenómenos de clima espacial como los llamados "forbush decrease", que son una disminución en la tasa de arribo de rayos cósmicos debido a las eyecciones de masa coronal de nuestro Sol y no descartamos poder registrar el primer evento de ráfagas de rayos gamma, sincronizando nuestras detecciones con las de alguno de los satélites como Fermi o Swift. Durante la vida de este proyecto se han graduado un par de decenas de estudiantes desde licenciatura hasta doctorado, contribuyendo a la formación de recursos humanos altamente capacitados en Latino América.