

Científicos del Observatorio Auger descubren la relación entre los rayos cósmicos más energéticos y los más poderosos agujeros negros del Universo.

Científicos del Observatorio Pierre Auger descubren la relación entre los rayos cósmicos ms energéticos y los más poderosos agujeros negros del Universo lo que constituye el nacimiento de la Astronomía de Rayos Cósmicos.

Un grupo de investigadores de 17 países ha demostrado que las partículas más energéticas jamás detectadas no proceden de direcciones distribuidas uniformemente en el firmamento, sino que apuntan a zonas próximas a galaxias con núcleos activos en su parte central.

Científicos de la colaboración Pierre Auger anunciaron hoy (8 de nov.) en Malargüe, Mendoza, Argentina, la evidencia de que los Núcleos Activos de Galaxias (AGN, de sus siglas en inglés) podrían ser responsables de las partículas o rayos cósmicos más energéticos que llegan a la Tierra. Estos resultados se han obtenido con los primeros datos del Observatorio Pierre Auger del hemisferio sur en Argentina, el detector de rayos cósmicos más grande del mundo, y aparecerán publicados en la próxima edición del 9 de Noviembre de la conocida revista "Science".

Los Núcleos Activos de Galaxias son unos de los objetos más violentos del Universo. Se cree que su fuente de energía es un agujero negro muy masivo que se alberga en su interior y que está "engullendo" enormes cantidades de materia. Mientras que galaxias como la nuestra, la Vía Láctea, tienen agujeros negros con una masa equivalente a unos millones de soles, los AGN albergan agujeros negros de miles de millones de masas solares. Hace ya tiempo que se conjeturaba su posible vinculación con la producción de partículas de altas energías. Los AGN capturan gas, polvo y materia y simultáneamente emiten enormes cantidades de radiación y unos espectaculares chorros de partículas en direcciones opuestas a casi la velocidad de la luz, que alcanzan dimensiones muy superiores a las de la propia galaxia anfitriona. Se desconocen todavía los mecanismos de aceleración de partículas a energías que son 100 millones de veces mayores que las obtenidas con los mayores aceleradores de partículas.

"Hemos dado un gran paso en resolver el misterio del origen de los rayos cósmicos más energéticos, que fueron descubiertos por el físico francés Pierre Auger en 1938. El firmamento en el hemisferio sur observado con rayos cósmicos no es uniforme. Esto es un descubrimiento fundamental. Ha comenzado la era de la astronomía de rayos cósmicos. En los próximos años nuestros

datos permitirán identificar exactamente las fuentes de estos rayos cósmicos y cómo aceleran las partículas” declaró el premio Nobel James W. Cronin, de la Universidad de Chicago, que concibió en 1991 el Observatorio Pierre Auger junto con Alan Watson, de la Universidad de Leeds, actual director y portavoz del experimento.

Los rayos cósmicos son protones y núcleos atómicos que surcan el universo prácticamente a la velocidad de la luz. Cuando inciden en las capas altas de la atmósfera colisionan con las moléculas de aire y convierten su energía en múltiples partículas secundarias que en sucesivas interacciones producen una avalancha de partículas o ”chubasco atmosférico”. Estos chubascos cuando llegan a la superficie pueden contener mas de un billón de partículas en un frente de unos pocos metros de espesor y más de cuatro kilómetros de radio.

Alan Watson, portavoz y director de la colaboración Pierre Auger dijo: ”El resultado abre una nueva ventana al universo cercano y el comienzo de la astronomía de rayos cósmicos. A medida que recojamos más y más datos, podremos estar mirando a galaxias de forma detallada y totalmente nueva. Como se había anticipado, nuestro observatorio está produciendo una nueva imagen del universo a partir de la observación de rayos cósmicos en vez de luz.”

El observatorio Pierre Auger registra chubascos de rayos cósmicos con una red de 1.600 detectores de partículas, separados entre sí un kilómetro y medio y cubriendo una superficie de 3.000 km². Además veinticuatro telescopios especialmente diseñados detectan la luz de fluorescencia que emiten las moléculas de nitrógeno de la atmósfera con el paso del chubasco. La red de detectores de partículas y los telescopios de fluorescencia constituyen una combinación excepcionalmente buena para mejorar la precisión del instrumento.

La primera piedra para la construcción del observatorio Pierre Auger del sur se puso el 17 de Marzo de 1999 en Malargüe en la provincia argentina de Mendoza. Después de un largo período de desarrollo y comprobación, los primeros datos comenzaron a tomarse en Enero de 2004. El observatorio recibe su nombre del científico francés Pierre Victor Auger (1899-1993), que descubrió en 1938 los chubascos atmosféricos producidos por la interacción de rayos cósmicos en la atmósfera.

Mientras el observatorio ha registrado casi un millón de chubascos de rayos cósmicos, sólo unos pocos, los que tienen las energías más altas, pueden ser asociados a sus fuentes con suficiente precisión. Los científicos del observatorio hasta ahora han registrado 81 partículas con energías superiores a 40

trillones de electrónvoltios (40 EeV). Ningún observatorio había conseguido detectar tantas partículas de energía superior a 40 EeV. A estas energías, tan elevadas para una partícula subatómica, la incertidumbre en la dirección de la que procede el rayo cósmico tras recorrer unos 200 millones de años luz es de unos pocos grados, lo que permite a los científicos localizar su origen.

Los 27 eventos más energéticos que ha detectado la colaboración Auger, con energías superiores a 57 EeV, no proceden de todas las direcciones con la misma probabilidad. Comparando las direcciones de procedencia de estos 27 sucesos con las posiciones conocidas de los 381 Núcleos Activos de Galaxias más próximos, la colaboración ha descubierto que la mayor parte de estos sucesos están correlacionados con las posiciones de los Núcleos Activos más cercanos, en algunas de las galaxias, como Centaurus A.

Paul Mantsch, gerente del Observatorio Pierre Auger comentó: "Los rayos cósmicos de baja energía son abundantes y vienen de todas las direcciones, procedente principalmente de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Hasta ahora la única fuente de rayos cósmicos conocida con certeza era el sol. Se cree que también las explosiones de estrellas, las supernovas, pueden producir rayos cósmicos de baja energía. Estos rayos cósmicos tienen unas trayectorias que se curvan como meandros por el espacio de forma que es imposible determinar su origen. Pero cuando se observan los rayos cósmicos de las energías más elevadas, producidos por las fuentes más violentas, éstos apuntan directamente a sus fuentes. El desafío ahora es detectar un número suficiente de estos proyectiles cósmicos para entender los procesos que los envían al espacio".

Las partículas cósmicas con energías superiores a unos 60 EeV pierden energía en colisiones con la radiación del fondo de microondas, reliquia del Big Bang, que está uniformemente repartida por todo el universo. Los rayos cósmicos que proceden de las fuentes más próximas son menos proclives a perder energía en estas colisiones durante su viaje relativamente corto a la Tierra. Los científicos de la colaboración han encontrado que los 27 sucesos con energías superiores a 57 EeV proceden mayormente de lugares en el firmamento en los que se encuentran los AGN más próximos, a menos de unos doscientos millones de años luz de la Tierra.

Los científicos piensan que la mayoría de las galaxias tienen agujeros negros en su centro, con una masa entre un millón y unos cuantos miles de millones veces la masa del sol. El que corresponde a la Vía Láctea, nuestra galaxia, tiene alrededor de 3 millones de masas solares. Las galaxias con el núcleo activo parecen ser aquellas que han sufrido alguna colisión con

alguna otra galaxia o han sufrido alguna perturbación importante en los últimos cientos de millones de años. Los AGN capturan la masa que cae por su campo gravitatorio mientras que liberan unas cantidades de energía prodigiosas. El resultado de Auger indica que los AGN pueden producir también las partículas más energéticas del Universo.

La astronomía de rayos cósmicos representa un importante desafío porque los rayos cósmicos de baja energía no dan información fiable sobre la situación de sus fuentes: mientras atraviesan el Cosmos son desviadas por campos magnéticos intergalácticos produciendo imágenes borrosas. Sin embargo a medida que la energía de las partículas aumenta, las trayectorias que siguen son cada vez más rectilíneas, ya que son menos afectadas por los campos magnéticos. No obstante inciden sobre la Tierra a un ritmo extremadamente lento en torno a un evento por kilómetro cuadrado por siglo, lo que exige detectores gigantescos para su observación.

”Estamos ante las primeras claves sobre una de las principales cuestiones abiertas en astrofísica de partículas, un campo apasionante en la frontera entre la física de partículas, la astrofísica, la astronomía y la cosmología,” comentó Enrique Zas de la Universidad de Santiago de Compostela, representante español de la colaboración. ”Cuando consigamos identificar las fuentes de la radiación cósmica de estas energías se abrirá un abanico de nuevas posibilidades para realizar investigación fundamental con implicaciones en estos cuatro campos.”

Debido a su tamaño, el Observatorio Auger puede registrar unos 30 eventos de energías superiores a 60 EeV cada año. La colaboración Auger está planeando una segunda instalación más grande en Colorado, para poder completar la observación de todo el firmamento al tiempo que aumente el número de partículas muy energéticas detectadas.

Giorgio Matthiae, de la Universidad de Roma y codirector de la colaboración dijo: ”Nuestros resultados muestran el futuro prometedor de la astronomía de rayos cósmicos. Por el momento hemos instalado 1400 de los 1600 detectores de partículas planeados en el Observatorio Auger de Argentina. Un observatorio en el hemisferio Norte nos permitiría ver más galaxias y agujeros negros, aumentando la sensibilidad de nuestro observatorio. Hay todavía más AGN cercanos en el hemisferio Norte que en el Sur”.

”La colaboración es una actividad internacional en la que ningún país ha contribuido más del 25% de los costes de construcción valorados en 54 millones de dólares,” apuntó Danilo Zavratnik, de la Universidad de Nueva Gorica, Eslovenia, y presidente de la junta de la colaboración. El Observa-

torio Auger ha sido construido por un equipo de más de 370 científicos de 17 países. Los nombres de las agencias financiadoras que han contribuido al Observatorio Pierre Auger así como los nombres de las instituciones que participan son indicadas más abajo.

Alberto Etchegoyen, del laboratorio Tandar y portavoz del observatorio del hemisferio sur dijo: "Argentina está encantada de ser anfitriona y participar en esta hazaña científica única, y ahora, mirando hacia atrás a aquellos años de esfuerzos e ilusiones, tengo un sentimiento de gratitud y respeto hacia todos los miembros de la colaboración que se han preocupado por todos y cada uno de los detalles que han permitido que hoy se haya podido anunciar este resultado".

La participación de España:

España pasó a formar parte de la colaboración Pierre Auger en el año 2002 con la propuesta de un grupo de investigadores de Física de Astropartículas pertenecientes al Departamento de Física de Partículas y al Instituto Galego de Física de Altas Enerxías de la Universidad de Santiago de Compostela. Los primeros contactos con el proyecto Pierre Auger sin embargo se remontan al año 1995 en que dicho grupo participó en la preparación de una candidatura para ubicar el observatorio Pierre Auger del hemisferio Norte en Tierra de Campos, en Castilla-León.

En la actualidad cinco instituciones españolas participan activamente en el análisis de datos de la colaboración Pierre Auger, con un total de 17 profesores e investigadores (dos del programa Ramón y Cajal y uno del Juan de La Cierva) y 11 estudiantes de doctorado. En el año 2004 se incorporaron la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Alcalá de Henares y a finales del año 2006 la Universidad de Granada y el Instituto de Física Corpuscular de Valencia (centro mixto CSIC-Universidad de Valencia), éste último asociado a la Universidad de Santiago. La aportación material española al observatorio, que es en el sistema de potencia de los detectores de partículas alimentados por energía solar, ha sido financiada por varios proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología primero y de Educación y Ciencia después, y por los fondos FEDER.

El grupo de Física de Astropartículas de la Universidad de Santiago, dirigido por el Profesor Enrique Zas demostró en 1996, en colaboración con el premio Nobel J. Cronin de la Universidad de Chicago, que mediante el estudio de los chubascos que inciden con mucha inclinación en el observatorio Pierre Auger se pueden detectar entre ellos neutrinos de altas energías, otro de los desafíos pendientes en el campo.

Los neutrinos son partículas elementales muy difíciles de detectar ya que son capaces de atravesar la Tierra sin interactuar. Además de ser las partículas menos estudiadas, los neutrinos no se desvían en su camino desde las fuentes por lo que su detección abriría una nueva forma de observación del Universo. Hasta ahora sólo se han registrado neutrinos provenientes del Sol y los de la explosión de una supernova cercana en 1987.

El primer análisis de chubascos inclinados fue abordado por el grupo de la Universidad de Santiago en 1999 en colaboración con Alan Watson. En la actualidad el grupo lidera, dentro de la colaboración Auger, el estudio de los eventos inclinados. En esta labor también participa el investigador Ramón y Cajal del Instituto de Física Corpuscular de Valencia, Sergio Pastor. Esta tarea permite, además de buscar neutrinos, estudiar la naturaleza de los rayos cósmicos, aumentar el poder estadístico del observatorio y la observación de una parte del firmamento que es inaccesible con el análisis chubascos no inclinados.

Otra de las responsabilidades del grupo de Santiago consiste en el control del sistema de potencia de los paneles solares y las baterías que alimentan a los detectores de superficie del Observatorio Auger, tarea de la que es responsable Angeles López Agüera, actual decana de la facultad de Física de Santiago. El observatorio Auger constituye una red de 1600 sistemas fotovoltaicos aislados único en el mundo por estar monitorizado continuamente.

En este momento cuatro doctores gallegos, que realizaron sus tesis doctorales en el grupo en temas relacionados con el observatorio Auger, se encuentran trabajando para la colaboración Auger dentro del grupo de la Universidad de Chicago, dirigido por el premio Nobel J. Cronin y también dentro del grupo de la Universidad de Roma II, dirigido por el actual codirector de la colaboración, G. Matthiae. Por otra parte, la participación del grupo de Santiago en Auger ha sido notablemente financiada tanto por el Ministerio de Educación y Ciencia como por la Xunta de Galicia.

El grupo de la Universidad Complutense de Madrid dirigido por Fernando Arqueros participa en tareas de análisis de datos que tienen como objetivo averiguar la naturaleza de estas partículas ultra-energéticas ya que se desconoce si se trata de núcleos ligeros o pesados. Por otro lado, la Universidad Complutense de Madrid está fuertemente involucrada en la determinación precisa de la energía de estas partículas. La relación entre la intensidad de luz atmosférica registrada por los telescopios de fluorescencia y la energía del rayo cósmico es un parámetro fundamental. El pasado mes de Septiembre la Universidad Complutense de Madrid organizó en El Escorial una reunión

científica que atrajo a los mayores especialistas del mundo en este campo. "Los últimos avances en nuestra comprensión de los fenómenos que conducen a la generación de fluorescencia por las partículas ultra-energéticas nos permiten predecir que en un futuro próximo podremos medir la energía de estos rayos cósmicos con mayor precisión", declaró Fernando Arqueros.

La participación de la Universidad de Alcalá, coordinada por Luis del Peral del grupo de Astropartículas y Plasmas Espaciales de esta Universidad, se centra en la identificación de la naturaleza y energía de la partícula primaria, la determinación del espectro de los rayos cósmicos, la disminución del umbral de detección de Auger hasta la región en que el origen de los rayos cósmicos cambia de ser galáctico a extragaláctico mediante el proyecto AMIGA dentro de Auger y, recientemente, el estudio de la localización de fuentes.

El grupo de la Universidad de Granada, dirigido por Antonio Bueno, colabora activamente en el desarrollo de los programas de simulación de la física que se espera obtener con los detectores de superficie. Asimismo realiza estudios sobre la sección eficaz protón-aire y la posible existencia de fotones muy energéticos en el flujo de rayos cósmicos.

Agencias de financiación del Observatorio Pierre Auger (por país):

- Internacional:
 - ALFA-EC / HELEN
 - UNESCO
- Argentina:
 - Comisión Nacional de Energía Atómica
 - Fundación Antorchas
 - Gobierno De La Provincia de Mendoza
 - Municipalidad de Malargüe
- Australia:
 - Australian Research Council
- Brasil:

- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
- Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Rio de Janeiro (FAPERJ)
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)
- Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT)
- República Checa:
 - Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic
- Francia:
 - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)
 - Conseil Regional Ile-de-France
 - Departement Physique Nucleaire et Corpusculaire (PNC-IN2P3/CNRS)
 - Departement Sciences de l’Univers (SDU-INSU/CNRS)
- Alemanha:
 - Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 - Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 - Finanzministerium Baden-Württemberg
 - Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF)
 - Ministerium für Wissenschaft und Forschung, Nordrhein Westfalen
 - Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Baden-Württemberg
- Italia:
 - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)
 - Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (MIUR)
- México
 - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

- Holanda:
 - Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
 - Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)
 - Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM)
- Polonia:
 - Ministry of Science and Higher Education
- Portugal:
 - Fundação para a Ciência e a Tecnologia
- Slovenia:
 - Ministry for Higher Education, Science, and Technology
 - Slovenian Research Agency
- España:
 - Comunidad de Madrid
 - Consejería de Educación de la Comunidad de Castilla La Mancha
 - FEDER funds
 - Ministerio de Educación y Ciencia
 - Xunta de Galicia
- Reino Unido:
 - Science and Technology Facilities Council
- United States
 - Department of Energy
 - Grainger Foundation
 - National Science Foundation

Instituciones que colaboran en el Observatory Auger (por país):

- Argentina:

- Centro Atómico Bariloche (CNEA); Instituto Balseiro (CNEA & UNCuyo); CONICET
- Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET)
- Laboratorio Tandem (CNEA); CONICET; Univ. Tec. Nac. (Reg. Buenos Aires)
- Pierre Auger Southern Observatory
- Universidad Nacional de la Plata; IFLP/CONICET; Univ. Nac. de Buenos Aires
- Universidad Tecnológica Nacional - Regionales Mendoza y San Rafael
- Australia:
 - University of Adelaide
- Bolivia:
 - Universidad Católica de Bolivia
 - Universidad Mayor de San Andrés
- Brasil:
 - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)
 - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro
 - Universidade de Sao Paulo, Inst. de Física
 - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
 - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
 - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
 - Universidade Federal da Bahia
 - Universidade Federal do ABC (UFABC)
 - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
 - Universidade Federal Fluminense
- República Checa:
 - Charles University Prague, Institute of Particle and Nuclear Physics

- Institute of Physics (FZU) of the Academy of Sciences of the Czech Republic
- Francia:
 - Institut de Physique Nucleaire, Orsay (IPNO)
 - Laboratoire AstroParticule et Cosmologie Universite Paris VII
 - Laboratoire de l'Accelérateur Lineaire (LAL), Orsay
 - Laboratoire de Physique Nucleaire et de Hautes Energies (LPNHE), Universite Paris 6
 - Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie (LPSC) - Grenoble
- Alemania:
 - Bergische Universität Wuppertal
 - Forschungszentrum Karlsruhe - Institut für Kernphysik
 - Forschungszentrum Karlsruhe - Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik
 - Max-Planck-Institut für Radioastronomie and Universität Bonn
 - Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen
 - Universität Karlsruhe (TH) - Institut für Experimentelle Kernphysik (IEKP)
 - Universität Siegen
- Italia:
 - Dipartimento di Fisica dell'Università and INFN, L'Aquila
 - Dipartimento di Fisica dell'Università and Sezione INFN, Milano
 - Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli ederico II- and Sezione INFN, Napoli
 - Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma or Vergata and Sezione INFN Roma II
 - Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania & Sezione INFN, Catania

- Dipartimento di Fisica Sperimentale dell'Università and Sezione INFN, Torino
- Dipartimento di Fisica, Università del Salento and Sezione INFN
- Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario (INAF), Dipartimento di Fisica Generale dell'Università and Sezione INFN, Torino
- Laboratori Nazionali del Gran Sasso, INFN
- Osservatorio Astrofisico di Arcetri
- México:
 - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
 - Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV)
 - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
 - Universidad Nacional Autónoma de México
- Holanda:
 - Institute for Mathematics, Astrophysics and Particle Physics (IMAPP), Radboud Universiteit
 - Kernfysisch Versneller Instituut (KVI), Rijksuniversiteit Groningen
 - Nationaal Instituut voor Kernfysica en Hoge Energie Fysica (Nikhef)
 - Stichting Astronomisch Onderzoek in Nederland (ASTRON), Dwingeloo
- Polonia:
 - Henryk Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences
 - University of Lodz
- Portugal:
 - Laboratory of Instrumentation and Experimental Particle Physics (LIP)
- Slovenia:

- University of Nova Gorica
- España:
 - Instituto de Física Corpuscular, CSIC-Universitat de València
 - Universidad Complutense de Madrid
 - Universidad de Alcalá de Henares
 - Universidade de Santiago de Compostela
 - Universidad de Granada
- Reino Unido:
 - Oxford University
 - University of Leeds, School of Physics & Astronomy
- Estados Unidos:
 - Argonne National Laboratory
 - Case Western Reserve University
 - Colorado School of Mines
 - Colorado State University, Fort Collins
 - Colorado State University, Pueblo
 - Columbia University
 - Fermi National Accelerator Laboratory
 - Louisiana State University
 - Michigan Technological University
 - New York University
 - Northeastern University
 - Ohio State University
 - Pennsylvania State University
 - Southern University
 - University of California, Los Angeles
 - University of Chicago

- University of Colorado
 - University of Hawaii
 - University of Minnesota
 - University of Nebraska
 - University of New Mexico
 - University of Utah
 - University of Wisconsin-Madison
 - University of Wisconsin-Milwaukee
- Vietnam:
 - Institute of Nuclear Science and Technology of Hanoi (INST)