

# Acerca del nuevo proyecto de rayos cósmicos en las cercanías del monte Chacaltaya

H. M. Rivera Bretel, P. Miranda Loza, M. Raljevic, M. A. Subieta Vásquez y R. Ticona  
Instituto de Investigaciones Físicas  
Universidad Mayor de San Andrés

Abril de 2016

## Resumen

El Instituto de Investigaciones Físicas<sup>1</sup> (IIF) de la Universidad Mayor de San Andrés y el Instituto para la Investigación de Rayos Cósmicos de Japón (ICRR, por sus siglas en inglés<sup>2</sup>) de la Universidad de Tokio, encabezan una iniciativa para construir un observatorio en Bolivia, en las cercanías del monte Chacaltaya. El observatorio planeado no es uno convencional, pues detectaría rayos cósmicos provenientes del espacio exterior en lugar de luz visible. Los objetivos principales de este proyecto serían la astronomía gamma y el estudio de posibles cúmulos de materia oscura<sup>3</sup> en nuestra galaxia. Los

beneficios para nuestro país serían importantes, particularmente en los ámbitos de la ciencia, la tecnología y la educación.

## Introducción

Los rayos cósmicos son partículas muy energéticas que viajan, casi a la velocidad de la luz, a través del Universo en el que vivimos. En su gran mayoría, los rayos cósmicos son átomos que han perdido la capa de electrones que los rodean, o en otras palabras, los rayos cósmicos son núcleos atómicos.

Estos rayos golpean la atmósfera terrestre provenientes del espacio exterior desde todas las direcciones posibles. Sus energías varían enormemente de un rayo a otro y, a bajas energías, virtualmente todos los rayos cósmicos provienen del Sol, originados en fenómenos solares como las denominadas llamaradas solares. A medida que se estudian rayos cósmicos de más y más energía se encuentran nuevas fuentes que los producen, principalmente en nuestra galaxia<sup>4</sup>. Una vez producidos en la fuente de

<sup>1</sup>Dependiente de la Carrera de Física de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales, <http://www.fiumsa.edu.bo>

<sup>2</sup>Institute for Cosmic Ray Research, [http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/index\\_eng.html](http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/index_eng.html)

<sup>3</sup>La materia oscura es una substancia que no interactúa con la luz (es decir, que es perfectamente transparente) y que contribuye con cerca al 27% de la masa total del Universo. En contraste, la materia normal que nos rodea contribuye sólo con 4%. La existencia de la materia oscura ha sido inferida de los efectos gravitacionales que ejerce sobre la materia visible, sus efectos sobre la estructura a gran escala del Universo y su influencia sobre la radiación cósmica de fondo.

<sup>4</sup>En la comunidad científica es bien sabido que tanto los

origen, los rayos cósmicos comienzan su viaje a través de la Vía Láctea y, eventualmente, algunos de ellos llegan a la Tierra.

A pesar de que los rayos cósmicos han sido estudiados por más de un siglo, aún quedan muchos misterios acerca de su origen y propagación, especialmente a las energías más altas. Para aclarar dichos misterios es necesario hacer observaciones de tres de las características de estos rayos: su masa, su energía y su dirección de llegada. Los científicos utilizan observatorios de rayos cósmicos para determinar estas características con la mayor exactitud que les es posible.

Sin embargo, debemos notar que los rayos cósmicos son partículas con carga eléctrica y que el espacio exterior está lleno de campos magnéticos de intensidades y orientaciones muy cambiantes. De manera similar a la que un imán atrae un alfiler, los campos magnéticos de nuestra galaxia alteran las trayectorias de los rayos cósmicos, desviándolos de sus trayectorias originales y provocando la pérdida de la información de la posición de la fuente que los generó. Por este motivo es muy importante hacer observaciones de rayos cósmicos que no tengan carga eléctrica, como por ejemplo, los rayos gamma.

Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas de mucha energía y son capaces de interactuar con los núcleos atómicos que nos rodean. Estos rayos juegan un rol especial en el contexto de la astrofísica pues, al carecer de carga eléctrica, no son afectados por los campos magnéticos y por ende apuntan a la fuente de donde provienen, de la misma manera que la luz visible señala la posición de la estrella que la

---

remanentes de supernovas como los púlsares son emisores de rayos cósmicos

emitió. En nuestra galaxia, el púlsar del Cangrejo es una fuente muy conocida de rayos gamma.

Hace mucho tiempo que los científicos están intrigados por el centro de la Vía Láctea. Dicho centro posee una colección de objetos astrofísicos únicos que incluyen a un agujero negro supermasivo, enormes cúmulos de estrellas, filamentos magnéticos y púlsares, por dar algunos ejemplos. *Recientemente se han descubierto dos burbujas gigantes de rayos gamma, cada una de un diámetro aproximado de 25000 años luz<sup>5</sup>, en el centro de nuestra Vía Láctea. Es más, mediciones actuales parecen indicar un exceso de rayos gamma proveniente del centro galáctico. Dicho exceso podría asociarse a la presencia de materia oscura.*

Dada su cercanía a la ciudad de La Paz, su altura sobre el nivel del mar y la excelente visión que ofrece del centro galáctico, *el monte Chacaltaya y sus inmediaciones representan un candidato ideal para construir un observatorio de rayos gamma.*

## El laboratorio de Chacaltaya

El laboratorio de Chacaltaya es un establecimiento científico perteneciente a la Carrera de Física de la Universidad Mayor de San Andrés, donde principalmente se desarrollan dos tipos de actividades: estudios de rayos cósmicos y de física atmosférica. Este laboratorio es la estación científica en funcionamiento continuo más alta del mundo y ha producido notables resultados en el ámbito de la física.

Su fundación se debe en gran medida al descubrimiento del pión. El pión es una partícula subatómica cuya existencia fue predicha por el físico japonés Hideki Yukawa, en 1935. En 1947,

---

<sup>5</sup>Un año luz es aproximadamente igual a 9 460 730 472 581 km.

científicos británicos, brasileños e italianos, liderados por Cecil Powell, realizaron medidas en el monte de Chacaltaya y descubrieron la existencia del pión predicho por Yukawa. Por este descubrimiento, Hideki Yukawa y Cecil Powell recibieron el premio Nobel de la física en 1949 y 1950, respectivamente. Pocos años después, se fundó el laboratorio de física de Chacaltaya. En los siguientes párrafos mencionaremos muy brevemente algunos de los experimentos más notables del laboratorio de Chacaltaya.

En la década de los 1970, gracias a un esfuerzo de científicos brasileños y japoneses, se construyó una cámara de emulsiones con la cual se produjeron, entre otras cosas, los llamados eventos Centauro. Estos eventos eran bastante inusuales en sus características y permanecieron como un misterio durante casi 30 años, con explicaciones que incluían la creación de agujeros negros en miniatura. Finalmente, a inicios de este siglo de les dio una explicación más convencional.

El grupo SYS (Saitama - Yamanashi - San Andrés) operó un experimento de emulsiones nucleares e hicieron algunos descubrimientos acerca de las multiplicidades hadrónicas, resultados que fueron confirmados seguidamente por el experimento KASKADE en Alemania.

Finalmente, uno de los experimentos más importantes construidos en Chacaltaya empezó en la década de 1960. Su nombre era Bolivian Air Shower Joint Experiment (BASJE) y se originó gracias al trabajo de científicos estadounidenses, bolivianos y japoneses. Sus primeros resultados científicos se produjeron en 1963 y algunas de las técnicas desarrolladas en este experimento se usan hoy en día en otros experimentos de rayos cósmicos. El experimento operó hasta el año pasado.

## **El experimento Tibet AS gamma**

El experimento Tibet AS gamma es un observatorio de rayos cósmicos situado en Yangbajing, China, a 4300 metros sobre el nivel del mar. El experimento se inició en 1990 y fue mejorado dos veces, una en 1994 y otra en 1999. El ICRR participa activamente de este emprendimiento científico.

Los científicos chinos y japoneses que operan dicho observatorio han producido resultados notables en astronomía gamma, rayos cósmicos en general, física solar y física de partículas. Actualmente, el portavoz del experimento es el físico japonés Masato Takita.

## **Propósito**

La principal motivación para construir un nuevo observatorio en Chacaltaya es su posición geográfica, que ofrece dos ventajas. Primero, su latitud geográfica privilegiada, que permite observar el centro galáctico con ángulos cenitales bajos (es decir, justo por encima de nuestras cabezas). Dado el inmenso interés que tiene la comunidad científica en el centro de nuestra galaxia, combinado con resultados recientes muy reveladores, hacen de Chacaltaya y sus alrededores un sitio ideal para observar el centro de la Vía Láctea. Segundo, la elevación por encima del nivel del mar ofrece una ventaja técnica para estudiar a los rayos gamma provenientes del espacio.

## **Visita de científicos del ICRR**

El ICRR es el acrónimo en inglés del Instituto para la Investigación de Rayos Cósmicos, perteneciente a la Universidad de Tokio, en Japón.

Este instituto lleva muchos años colaborando con el Instituto de Investigaciones Físicas de la UMSA; el primer convenio formal con el instituto data del 1981.

Con el ánimo de impulsar la construcción de un observatorio en Bolivia, el director del ICRR, junto a un equipo de científicos japoneses que incluye a Masato Takita del experimento Tibet AS Gamma, nos harán una visita el 2 de mayo del año en curso. El director de dicho instituto es el señor Takaaki Kajita, *quien ganó el premio Nobel de la Física en 2015* por su trabajo en el experimento Super Kamiokande. Gracias a este trabajo y a otro realizado en Canadá, se pudo establecer experimentalmente que los neutrinos oscilan de un tipo a otro y que, por tanto, tienen masa.<sup>6</sup>

## Lugar candidato para el nuevo proyecto

Cerca de 4 kilómetros al sur del monte Chacaltaya ( $16^{\circ}21'12''S$ ,  $68^{\circ}7'53''O$ ), existe una región bastante plana, con una pendiente de cerca al 4%, en la cumbre del **Cerro Estuquería** ( $16^{\circ}23'21''S$ ,  $68^{\circ}7'39''O$ ). Esta cumbre tiene un área de aproximadamente  $220'000\text{ m}^2$  a una altitud de 4750 metros sobre el nivel del mar. Este sitio es de fácil acceso desde la ciudad de La Paz; en coche el viaje no excede la hora y media desde el centro de la ciudad. Estudios preliminares de la composición del suelo, realizados por docentes e investigadores de la Carrera de Física de la UMSA y por investigadores japoneses del ICRR, determinaron que este sitio sería

---

<sup>6</sup>Los neutrinos son partículas subatómicas que no poseen carga eléctrica e interactúan a través de la gravedad y la fuerza débil. La principal fuente local de neutrinos es el Sol y, algunas veces, se los considera como rayos cósmicos.

apto para los objetivos del nuevo proyecto.

El área es rural y sin actividad agrícola. En los alrededores existen pequeñas comunidades en las cuales habitan pocas personas. Este sitio pertenece al distrito de La Paz, específicamente a la subalcaldía de Hampaturi. El año pasado se iniciaron las negociaciones con las autoridades pertinentes y estamos progresando en las negociaciones con los pobladores.

## Beneficios para Bolivia

Dada la envergadura del observatorio y el alto nivel de los científicos involucrados, los beneficios para el país podrían ser diversos y muy importantes:

- La llegada de un experimento de este nivel nos daría la oportunidad de expandir programas de educación e interacción social en el ámbito científico a niveles sin precedentes. Es una oportunidad de informar y cautivar a niños, adolescentes, estudiantes, profesores y al público en general sobre los rayos cósmicos, la física nuclear y de partículas, la astrofísica, la tecnología y la emoción del descubrimiento científico.
- Como sucede en todo experimento científico de gran magnitud, el éxito del mismo dependerá de estudiantes de pregrado y posgrado, asistentes, ingenieros, técnicos, docentes e investigadores, tanto nacionales como extranjeros, provenientes de diversas facultades, universidades e institutos, todos financiados con dinero proveniente de sus instituciones y otras fuentes. El clima científico que generaría este proyecto, gracias a las interacciones de todos los profesionales y estudiantes involucrados, bene-

ficiaría al conjunto de personas en su totalidad. No sólo porque existiría un intercambio de conocimiento científico, tecnológico y técnico, sino también porque personas de culturas distintas tendrían la oportunidad de entablar relaciones profesionales y personales entre ellas. Particularmente, para un país como Bolivia, la realización de un experimento de esta talla ofrece una oportunidad extraordinaria para que investigadores, docentes y estudiantes de ciencias e ingenierías se involucren en investigación científica de altísima calidad.