

¿Intervienen los rayos cósmicos en los procesos nubosos?

MARÍA DOLORES RODRÍGUEZ FRÍAS Y LUIS DEL PERAL



Figura 1. Los rayos cósmicos primarios de ultra-alta energía interactúan con la atmósfera y producen una jungla de rayos cósmicos secundarios ya con menor energía.

Algunos autores (Svensmark and Friis-Christensen, 1997; Svensmark, 2015) consideran que los rayos cósmicos son una fuente importante de condensación de nubes y por tanto un serio agente de calentamiento global. La relación entre el flujo de rayos cósmicos y el clima fue una hipótesis inicialmente propuesta por Ney (1959), aunque fue Dickinson (1975) el primero que sugirió un mecanismo, postulando variaciones en la ionización atmosférica debido a la modulación solar de rayos cósmicos que al llegar a la atmósfera terrestre podrían inferir cambios microfísicos en las propiedades de las nubes. Recientemente, algunos resultados del experimento SKY y CLOUD (*Cosmics Leaving Outdoor Droplets*) en el CERN (Ginebra) han confirmado también una correlación entre los rayos cósmicos y los aerosoles. Básicamente la radiación cósmica ayuda a la formación de aerosoles, produciendo la ionización del aire atmosférico, y creando núcleos de condensación que, como bien se sabe, son necesarios para que se puedan formar las gotas de agua en el interior de las nubes.

El clima y el balance de radiación de la Tierra dependen de las propiedades radiativas y geométricas de las nubes. Las nubes son eficientes absorbentes y reflectores de la radiación solar y se consideran una de las mayores

fuentes de incertidumbre en el cambio climático global. Monitorear las propiedades microfísicas y ópticas de las nubes es importante para avanzar en el conocimiento del clima terrestre, ya que las nubes son un fuerte modulador de la radiación de la tierra.

España es uno de los países pioneros a nivel mundial en detección de radiación cósmica de muy alta y ultra-alta energía desde que en 1989, en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma, islas Canarias), se emplazó el observatorio internacional HEGRA (del inglés *High Energy Gamma Ray Array*) con la finalidad de estudiar la **radiación gamma y la radiación cósmica**. Estas últimas viajan a través del Espacio pero, gracias a los 90-120 km de atmósfera terrestre, los rayos cósmicos primarios de ultra-alta energía interactúan con ella. Eso hace que se produzca una jungla de rayos cósmicos secundarios, ya con menor energía, y, por tanto, resultan ser no letales y compatibles con la vida en este nuestro planeta (Figura 1). Estos rayos cósmicos secundarios son los que contribuyen, fundamentalmente, a la radiactividad ambiental. Si la radiación cósmica llegase a la Tierra tal y como viaja por el medio intergaláctico, donde no existe la atmósfera que nos protege de esta radiación, la vida tal como la conocemos actualmente, no sería posible en nuestro planeta.

La radiación cósmica está constituida por átomos desnudos de su corteza electrónica, es decir núcleos atómicos cargados y partículas elementales que proceden del Espacio exterior, cuyo origen puede ser galáctico o extragaláctico y cuya energía es muy elevada, debido a su gran velocidad, que resulta ser cercana a la de la luz. Esta radiación nos permite confirmar o desmentir algunas de las leyes fundamentales de la Física como la **Teoría de la Relatividad General de Einstein**, ya que estudia los límites actuales de la Física moderna conocida.

La colaboración internacional tiene instalado en el Pierre Auger Observatory (PAO) el más potente detector terrestre desarrollado hasta ahora, para observar radiación cósmica de ultra-alta energía. Se encuentra en operación en las cercanías de la cordillera andina. Se espera que la información recogida posibilite conocer la composición y el origen de los rayos cósmicos de ultra alta energía que impactan con la Tierra. Las instalaciones de este experimento terrestre, distribuidas en una superficie de 3000 kilómetros cuadrados, se han levantado gracias a la cooperación de 17 países, entre los que se encuentra España que ha contribuido con todos los paneles solares del expe-

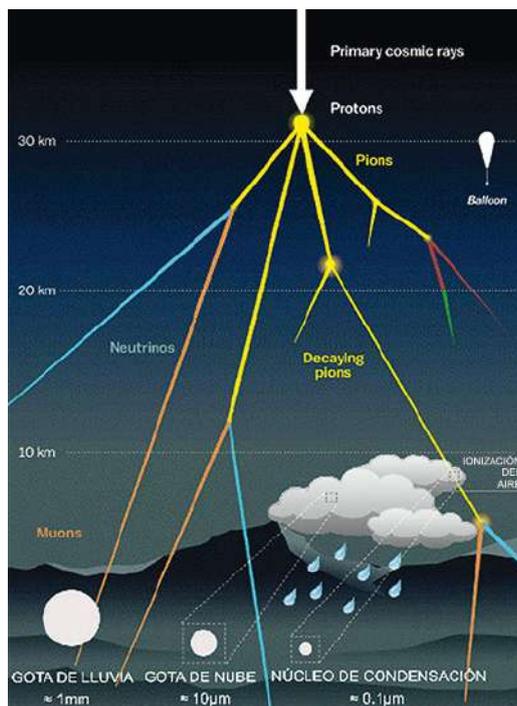


Figura 2. Las partículas secundarias de radiación cósmica generan ionización en la atmósfera, lo que facilita la producción de aerosoles que generan núcleos de condensación.



Figura 3. Lanzamiento del globo estratosférico de NASA desde Fort Sumner, Nuevo México con instrumentación espacial infrarroja para la detección de nubes y esporas para su estudio bajo condiciones ambientales estratosféricas.

rimento. PAO es un detector híbrido que utiliza dos técnicas independientes, esencialmente la radiación de fluorescencia y la radiación Cherenkov. En 2007 la colaboración internacional Pierre Auger publicamos en *Science* (Pierre Auger Collaboration, Science, 318, 939-943, 2007) la correlación de radiación cósmica de ultra alta energía con núcleos de galaxias activas (AGNs) cercanos y así estableció las bases para abrir la Astronomía de partículas o Física de Astropartículas a las energías más extremas. Los rayos cósmicos, atravesando la Vía Láctea, llegan casi directamente sin deflectarse. Se espera que su estudio nos permita rastrear las fuentes de donde provienen, al poder conocer la dirección de llegada.

Sin embargo, poder inferir, a partir de estas observaciones, la dirección y energía del rayo cósmico primario a estas extremadamente altas energías no es una tarea sencilla. La atmósfera, por un lado, nos protege de esta radiación, pero por otro contamina las observaciones por la presencia de nubes. Esta contaminación es debida a que las nubes difuminan los resultados obtenidos, por lo que es crucial contar con una instrumentación que las detecte con plenas garantías. De esa forma estaremos en condiciones de poder inferir si los datos obtenidos lo han sido en condiciones de cielo despejado o bajo la presencia de nubes. Y dentro de los tipos de nubes que interfieren en las trayectorias de los rayos cósmicos merecen una atención espacial los cirros.

Sin una cámara infrarroja que detecte las nubes en el campo de visión del telescopio, los datos de radiación cósmica carecen de fiabilidad. Es por ello que toda misión espacial de detección de radiación cósmica necesita una cámara infrarroja biespectral con tecnología y requerimientos espaciales si quiere ser una misión fiable para la detección de este tipo de radiación desde el Espacio. Y en esta carrera por profundizar en el conocimiento de la radiación cósmica desde el Espacio, España vuelve a ser pionera en la construcción de una cámara infrarroja biespectral, con tecnología espacial y cumpliendo requerimientos espaciales, exclusiva para la detección de nubes en el campo de observación del detector espacial de radiación cósmica. La cámara infrarroja biespectral española construida por un consorcio de universidades y centros de investigación, formado por la Universidad de Alcalá, la Universidad de León, el Instituto de Astrofísica de Canarias, la Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) junto a empresas del sector aeroespacial (ORBITAL, SENER).

La cámara infrarroja española ha sido probada en dos lanzamientos en globos estratosféricos con la Agencia Espacial Francesa (CNES) desde Timmins (Canadá) y con NASA desde Fort

Sumner (New Mexico, USA), (Figura 3) cumpliendo los requerimientos espaciales de ambas agencias. En este último vuelo estratosférico, NASA junto con la tecnología espacial española aprobó el lanzamiento de material biológico vivo, consistente en esporas de más de veinte especies de hongos. En febrero de 2020 por primera vez reportamos que las esporas recuperadas del lanzamiento a la estratosfera habían sobrevivido en condiciones extremas de presión, temperatura, radiación cósmica, rayos UVA y UVB. En la publicación "*Fuligo séptica Spores Onboard of a Stratospheric NASA Balloon and its complete In Vitro Life Cycle*" (J. Díez, G. Moreno, L. Del Peral, J. H. Adams, M. D. Rodríguez Frías y J. L. Manjón) se pueden ver los detalles. Las esporas que reportamos en esta publicación, completaron su ciclo vital lo que demostró que pudieron soportar las condiciones extremas a las que fueron sometidas en el vuelo a través de la estratosfera. Esto ha venido a confirmar la viabilidad de estos organismos para llevar a cabo el transporte intercontinental a través de las capas altas de la atmósfera teniendo en cuenta su resistencia a condiciones ambientales extremas que pueden encontrarse en la atmósfera de Marte o en la superficie de la Luna.

Poco a poco la Humanidad va estando más cerca de colonizar el Espacio al conocer la radiación cósmica y así poder protegerse de ella e incluso cultivar alimento en el Espacio, donde el problema más difícil de resolver es el de la radiación que puede originar mutaciones en el ADN celular.

La Dra. María Dolores Rodríguez Frías es coordinadora de la contribución española al Observatorio Espacial del Universo Extremo. Catedrática de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Alcalá y vicepresidenta del Grupo Especializado de Astrofísica de la Real Sociedad Española de Física (RSEF).

El Dr. Luis del Peral es catedrático de Física Aplicada de la Universidad de Alcalá. Responsable del sistema de alimentación del detector de muones cósmicos de la Colaboración Internacional Pierre Auger y de la cámara infrarroja española lanzada en el globo estratosférico de NASA desde Nuevo México (USA).

Bibliografía

- Svensmark, H., Friis-Christensen, E., 1997. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage—a missing link in solar-climate relationships. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. doi:10.1016/s1364-6826(97)00001-1
- Svensmark, H., 2015. Cosmic rays, clouds and climate. *Europhysics news*. doi:10.1051/eprn/2015204
- NEY, E. Cosmic Radiation and the Weather. *Nature* 183, 451-452 (1959).
- Dickinson, R.E. *Meteorology of the upper atmosphere* (1975) *Reviews of Geophysics*, 13 (3), pp. 771-790



Figura 4. Equipo con la cámara infrarroja preparada para lanzamiento a la estratosfera. De izquierda a derecha Jim Adams, Luis del Peral, Dolores Rodríguez Frías y Jorge Fernández Soriano.