

Astrofísica del Medio Interplanetario



El viento solar es material magnetizado en estado de plasma que se expulsa permanentemente desde el Sol. Este material subyace en la cavidad del sistema solar y se extiende hasta alcanzar el espacio interestelar. Además del permanente soplo del viento solar, en el espacio interplanetario pueden encontrarse inmensos grumos magnéticos que se alejan del Sol. La presencia de estos grumos facilita la inyección de partículas energéticas en entornos planetarios, produciendo así la excitación de sistemas de corriente eléctrica. En el caso terrestre estos objetos pueden desencadenar "tormentas geomagnéticas", que pueden causar daños en diversos sistemas tecnológicos, como satélites de comunicaciones, etc. El viento solar también contiene rayos cósmicos de origen galáctico; el conocimiento detallado de las condiciones turbulentas del viento solar y de los grumos magnéticos cerca de la interfase con el medio interestelar son cruciales para estudiar como se propagan los rayos cósmicos en el medio interplanetario. Las investigaciones que se llevan a cabo en esta línea abarcan estudios de una gran variedad de procesos físicos elementales en el viento solar, así como también su manifestación macroscópica, abarcando un amplio rango de escalas espaciales y energéticas.

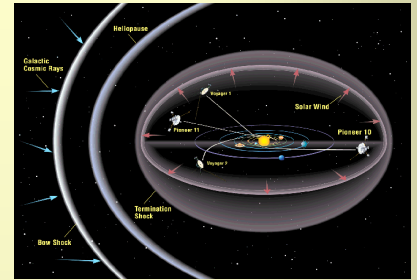


El campo magnético desempeña un rol crucial en una inmensa cantidad de objetos astrofísicos. En particular influye sobre el movimiento de la materia que viaja en el viento solar y produce escudos en los planetas que inhiben la penetración de rayos cósmicos a sus superficies. Las líneas de campo magnético pueden representarse como cuerdas que pueden tensionarse y enroscarse, y su topología juega un rol determinante en las fuerzas magnéticas que afectan el movimiento de la materia.

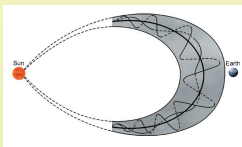
La turbulencia es un proceso físico de gran relevancia en la física del espacio. Sus principales consecuencias se manifiestan en el mezclado de campo magnético con el plasma, el desorden producido sobre jets alineados de partículas energéticas y el calentamiento en diferentes regiones del espacio.

La manifestación interplanetaria de erupciones solares transitorias, conocidas en inglés como *Interplanetary Coronal Mass Ejections (ICMEs)*, generan ondas de choque y excitan turbulencia en el viento solar.

Si hacemos una simple analogía entre el viento solar (en inglés *Solar Wind*) y un océano, las olas y ondas de choque que son generadas por embarcaciones rápidas en el océano, tienen su counterpart en ondas originadas por ICMEs.



Erupción solar y su manifestación al medio interplanetario como una estructura magnética helicoidal, llamada Nube Magnética



Los rayos cósmicos primarios son partículas muy energéticas que provienen del espacio exterior y bombardean la Tierra. Cuando se encuentran con las partículas que conforman nuestra atmósfera se producen reacciones nucleares y, como consecuencia de estas reacciones, se producen cascadas atmosféricas de rayos cósmicos secundarios que logran alcanzar la superficie terrestre.

Rayos cósmicos de origen galáctico son modulados antes de alcanzar el entorno terrestre debido a las condiciones del viento solar, tanto a condiciones globales de gran escala como a aquellas de naturaleza turbulenta.

Los monitores de neutrones proveen registros continuos en Tierra de las componentes hadrónicas de los rayos cósmicos secundarios.

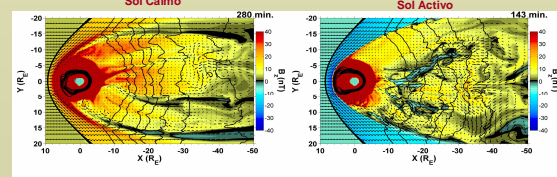
Desde hace varias décadas, los efectos del viento solar sobre los rayos cósmicos son medidos por redes de monitores de neutrones. En el presente, las observaciones con monitores de neutrones son complementadas con observaciones realizadas por sondas espaciales.

El desarrollo de la era espacial iniciada en los años 60's, ha permitido realizar estudios muy detallados que incluyen observaciones *in situ* del plasma y campo magnético, realizadas en diferentes regiones de nuestro sistema solar.



En el IAFE realizamos estudios de la turbulencia en el viento solar. Por ejemplo, hemos caracterizado propiedades turbulentas que son de gran relevancia para describir el acoplamiento entre la materia y el campo magnético en diferentes escalas espaciales. También hemos determinado parámetros de la turbulencia que son críticos para procesos de difusión de rayos cósmicos en la heliosfera.

A partir de observaciones con sondas espaciales y comparaciones con simulaciones numéricas, caracterizamos tormentas turbulentas en la magnetosfera terrestre. Estudiamos escenarios calmos y agitados, que son forzados por el viento solar. La ruptura del escudo magnético terrestre cuando arriban inmensas nubes magnéticas lanzadas por el Sol produce jets de plasma en regiones cercanas al ecuador (conocidos como 'electro jets aurorales'). Esta caracterización resulta fundamental para comprender flujos de partículas energéticas geo-efectivas.



En el IAFE estudiamos partículas cósmicas. En particular, hemos comenzado el desarrollo de un sistema de adquisición automatizada de pulsos que provienen de monitores de neutrones de trifluoruro de Boro para medir rayos cósmicos.

En el IAFE realizamos estudios de las condiciones y evolución del viento solar y sus efectos sobre el entorno terrestre. Estos estudios incluyen el análisis de aquellos fenómenos espaciales más geo-efectivos, cuyos efectos producen daños importantes en sistemas tecnológicos satelitales y terrestres.

Durante nuestros estudios desarrollamos modelos teóricos, numéricos y analizamos datos de diversos satélites espaciales, principalmente de las sondas Helios 1-2 (Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Alemania), ACE-Stereo-Ulysses-Wind (National Aeronautics and Space Administration, NASA), Cluster (European Space Agency, ESA) y GeoTail (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA).

Quienes principalmente desarrollamos estas líneas de investigación somos: Alonso Sebastián, Dasso Sergio, Dima Germán, Figueroa Griselda, Gulisano Adriana, Nakwacki Soledad (ahora con post-doc en USP-Brazil) y Ruiz María Emilia.

Gran parte de nuestras investigaciones es financiada con fondos de subsidios a proyectos del FONCYT (línea PICT), CONICET (línea PIP) y UBA (línea UBACyT).

Parte de nuestras investigaciones son realizadas en colaboración con colegas extranjeros de diversos centros del exterior (como el Max-Planck, University of New Hampshire, University of California, Observatory of Paris, University of Delaware, University College London), parcialmente en el Departamento de Física (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), y en colaboración con colegas de Argentina (como el Centro Atómico Bariloche y Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional).

Además existe una importante sinergia entre las investigaciones que desarrollamos y otras que se desarrollan en el IAFE, como física solar, plasmas astrofísicos, astrofísica de altas energías, etc.

Junto con investigadores del Centro Atómico Bariloche, en el marco de la colaboración 'The Pierre Auger', investigamos la modulación solar de rayos cósmicos galácticos usando tanques con detectores Cherenkov. Pudimos mostrar que estos detectores miden correctamente los decrecimientos en niveles de rayos cósmicos cuando una nube magnética pasa cerca del entorno terrestre.