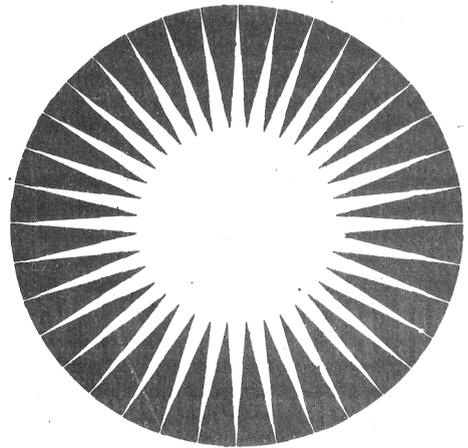


AREAS DE INVESTIGACION EN FISICA SOLAR

INSTITUTO DE ASTRONOMIA DE LA UNAM

Segunda parte del artículo redactado por el doctor Jorge Pérez-Peraza, en torno a la situación actual de la Astrofísica.

La actividad de la atmósfera solar se manifiesta principalmente por manchas solares, fáculas, filamentos, prominencias y fulguraciones (o ráfagas) solares. La contribución de los investigadores del Instituto de Astronomía al desarrollo de la Física Solar está por el momento orientada principalmente al estudio de las fulguraciones, designadas también como erupciones Solares. Este fenómeno transitorio se manifiesta como una tremenda explosión en la atmósfera solar extendiéndose un área varias veces mayor que la superficie de la Tierra y que presumiblemente representa la liberación repentina de energía magnética por conducto de corrientes eléctricas que se generan a consecuencia de inestabilidades locales. Ocho minutos después de la erupción, la radiación emitida (desde rayos gama hasta radio-ondas) llega a la vecindad terrestre, en tanto que las partículas energéticas pueden tardar entre 8 minutos y 40 horas y las nubes de plasma (ondas de choque) entre 1 y 3 días. La cantidad de energía liberada en una sola Fulguración Solar es del orden de 10^{32} ergs (equivalente a la necesaria para suplir las necesidades energéticas de la humanidad en los próximos 100,000 años). Las implicaciones de este fenómeno desde el punto de vista astrofísico son muy variadas: en efecto, parece ser representativo de otros fenómenos astrofísicos de carácter explosivo, que aunque ocurren a escalas bastante mayores, presentan cualitativamente muchas características similares en cuanto a la eyección de masa, radiación y rayos cósmicos, dentro de una escala temporal relativamente corta en el curso de su vida, como en el caso de las estrellas ráfagas, explosiones de supernovas, de galaxias y de cuasares; por otro lado las Fulguraciones Solares son la sede de la única fuente aceleradora de rayos cósmicos definitivamente identificada dentro del contexto de una enorme cantidad de posibles fuentes aceleradoras que bañan nuestra galaxia y seguramente todo el Universo de radiación cósmica. Desde al punto de vista geofísico el estudio de las Fulguraciones presenta implicaciones, también muy diversas, dentro del contexto de las relaciones Sol-Tierra: la ionósfera y magnetósfera terrestre son fuertemente influenciadas por las emisiones de las ráfagas, produciendo, por ejemplo, tormentas magnéticas, auroras polares, incremento en el estado de ionización de la ionósfera, lo cual, a su vez, se traduce en disturbios tecnológicos tales como interferencia e inclusive interrupción en las radio-transmisiones, comunicaciones por línea, operaciones de radar y de redes de distribución de potencia, modificaciones de las órbitas de los satélites artificiales etc.; las partículas energéticas no sólo pueden dañar las celdas solares y otros detectores de los satélites, sino que los astronautas y pasajeros de aviones supersónicos en rutas polares, en coincidencia con una Fulguración Solar intensa, están expuestos a una dosis de radiación corpuscular, primario o secundario, muy por encima de la dosis letal de 400 rad., teniendo en cuenta que la dosis de radiación recibida de pequeñas fulguraciones, a través de las paredes de un vehículo espacial es de 1080 rad. (por ejemplo el 7/8/72). Afortunadamente estos riesgos conciernen principalmente a las zonas polares, pues la magnetósfera



constituye una magnífica capa protectora contra las partículas solares, de lo contrario, la interacción de éstas con las moléculas constituyentes de nuestra atmósfera puede crear el suficiente óxido nítrico en la estratósfera capaz de debilitar la capa de ozono que protege al planeta de las radiaciones ultravioletas y de mayor energía, que como es bien sabido son biológicamente dañinas. Obviamente la ausencia del campo geomagnético en coincidencia con Fulguraciones Solares puede provocar modificaciones en los sistemas ecológicos de nuestro planeta, tales como mutación y extinción de especies orgánicas, razón por la cual se especula acerca de que el origen de la tendencia de ciertas especies a evolucionar escalonadamente y no en curvas pueda estar asociado a la ocurrencia de Fulguraciones en coincidencia con los periodos de depresión e inversión del campo geomagnético en el pasado. Dada la importancia de este fenómeno Astrogeofísico, una estación de servicio internacional en la ciudad de Boulder, Col. (The Space Environment Service Center) proporciona información a instituciones civiles y militares de la ocurrencia de un evento en los primeros minutos en que la Fulguración comienza a desarrollarse; sin embargo, a pesar de la importancia de este fenómeno es imposible actualmente predecir cuándo y dónde ocurrirá una Fulguración en la atmósfera solar. Esta falencia indica que no tenemos una idea clara del fenómeno físico que produce la Fulguración, así como tampoco sabemos cuáles son realmente los mecanismos básicos de la actividad solar. Para lograr este objetivo deben seguirse dos caminos complementarios, el primero puramente fenomenológico y a partir de éste, introducir un análisis físico más detallado, tratando de llegar a un modelo teórico que deberá permitir, en última instancia, predecir cuándo y en qué coordenadas heliográficas ocurrirá una Fulguración. El aspecto fenomenológico se encuentra asociado al constante refinamiento de los diversos tipos de observaciones necesarias cotidianamente de los centros activos del Sol; esto implica que a las falencias en nuestro conocimiento físico del fenómeno, se debe añadir las limitaciones impuestas por las condiciones socio-económicas de algunos países

que no están en posibilidades de adquirir el sofisticado instrumental necesario, como un radio-telescopio por ejemplo, independientemente de que en ocasiones no se justifica este tipo de inversión, ya sea por la falta de infraestructura en observaciones solares, o para evitar duplicación de esfuerzos. En América Latina, Argentina y Brasil desarrollan esfuerzos parciales en esta dirección, en tanto que en México el enfoque se realiza actualmente desde el punto de vista de modelos teóricos, en base a los datos observacionales provenientes de la red mundial de observatorios terrestres y espaciales. Dentro del marco de interpretación de los fenómenos físicos de base en las fulguraciones solares, el doctor Jorge Alberto Pérez-Peraza y sus colaboradores, señorita Rosenda Lara Alvarez y señor Miguel Gálvez González, han venido sustentando una secuencia de coloquios en el Instituto de Astronomía para exponer sus resultados concernientes a algunos aspectos teóricos de este fenómeno: explica el doctor Pérez-Peraza que sus modelos están basados en una interpretación de origen no-termal para las Fulguraciones, tal que el agente principal lo constituyen partículas aceleradas a energías supratermales, que colisionando con los plasmas y campos magnéticos locales producen las emisiones electromagnéticas observadas, en tanto que los iones y electrones que se escapan de la atmósfera proporcionan la componente corpuscular de alta energía que se observa en la vecindad terrestre. Bajo el título de "Mecanismos de disipación de energía magnética en condiciones astrofísicas e implicaciones a ráfagas solares" el señor Miguel Gálvez ofreció un coloquio en el que explicó cómo la energía cinética transferida a las partículas proviene de la energía magnética que se libera a

consecuencia de procesos de reconexión y aniquilación de campos magnéticos, con la subsecuente aceleración impulsiva de partículas, que permite interpretar la primera fase del fenómeno de las Fulguraciones Solares. La señorita Rosenda Lara describió en su coloquio "La fase de alta energía en las fulguraciones solares" los procesos físicos relevantes a la llamada etapa principal de este fenómeno, que interpretan estos investigadores en base a una segunda etapa de aceleración de carácter estocástico en la que se generan inclusive partículas de energías relativistas, que colisionando nuclearmente con el material local producen la radiación gamma observada, así como también radio-emisiones por la interacción con los campos magnéticos locales. El doctor Pérez-Peraza en el coloquio intitulado "Sobreabundancia de núcleos pesados y del He^3 en la radiación cósmica solar" expuso un modelo cuantitativo de generación de partículas solares que permite explicar diversos aspectos concernientes a las anomalías del espectro de carga de esta radiación, es decir, la sobreabundancia de ciertas especies nucleares e isotópicas relativa a las abundancias locales en el Sol, problema que no solamente es de carácter primordial para entender los procesos físicos que originan las Fulguraciones debido a las restricciones que impone a cualquier interpretación de la producción de partículas solares, sino que presumiblemente puede tener también implicaciones con respecto a la manera de cómo se alimenta el espacio interestelar de núcleos pesados en relación a los procesos convencionalmente asumidos.

Dr. Jorge Alberto Pérez-Peraza
Instituto de Astronomía.