

EL DECANO DE LOS DISIDENTES EN LA FÍSICA DE PLASMAS*

Anthony L. Peratt

Después de haber desafiado y vencido las ideas reinantes en la dinámica electromagnética y de los plasmas en la ionósfera, en el sistema solar y en la galaxia. Hannes Alfvén desafía ahora a la concepción ortodoxa del origen del universo.

En el mundo de la ciencia especializada, el ingeniero electricista de origen sueco, Hannes Alfvén, es un enigma. Considerado un hereje por muchos físicos, Alfvén ha hecho contribuciones a la física que son ahora aplicadas al desarrollo de aceleradores de partículas, al control de la fusión termonuclear, a los vuelos supersónicos, a la propulsión de cohetes y al mecanismo de frenado para el reingreso de naves espaciales. De igual modo, las aplicaciones de su investigación en el campo de las ciencias espaciales incluyen la explicación de los cinturones de radiación de Van Allen, la disminución de la intensidad del campo magnético terrestre durante las tormentas magnéticas, la magnetósfera (la cubierta de plasma protector que

rodea a la Tierra), la formación de las colas de los cometas, la formación del sistema solar, la dinámica de plasmas en nuestra galaxia y la naturaleza fundamental del universo mismo.

Hannes Alfvén ha jugado un papel central en el desarrollo de algunos campos modernos de la Física, incluyendo la física de plasmas, la física de haces de partículas cargadas y la física de la magnetósfera y del medio interplanetario. También se le considera generalmente como el padre de la rama de la física del plasma conocida como *magnetohidrodinámica*. Además, las contribuciones de Alfvén a la astrofísica han sido tan importantes como sus contribuciones a la física. Su postulado de 1937 de la existencia de un campo magnético galáctico forma la base actual de una de las áreas de investigación de más rápido crecimiento en la astrofísica. En 1950, junto con su colega N. Herofson, fue el primero en identificar la radiación no

térmica proveniente de fuentes estelares como radiación sincrotrónica, la cual se produce por electrones que se mueven muy rápidamente en presencia de campos magnéticos.

El haber descubierto que el mecanismo sincrotrónico de radiación es importante en los objetos celestes fue una de las más fructíferas revelaciones en astrofísica, pues casi toda la radiación registrada por radiotelescopios se emite mediante este mecanismo.

A pesar de estas contribuciones tan fundamentales para la física y astrofísica, Alfvén, ahora profesor de ingeniería eléctrica en la Universidad de California en San Diego, aún es visto como un hereje por mucha gente que trabaja en esas mismas disciplinas. Las teorías de Alfvén en astrofísica y en física de plasmas en general han ido ganando aceptación solo después de dos o tres décadas de haber sido publicadas. En reconocimiento y con motivo de su aniversario número 80, en 1968 Alfvén fue galardonado

con el más prestigiado premio de la Unión Geofísica Americana, la medalla Bowie, por su trabajo de hace 30 años sobre cometas y plasmas en el sistema solar. Discutidas durante tres décadas, muchas de sus teorías acerca del sistema solar fueron, hasta hace poco, confirmadas por las mediciones, en las magnetósfera cometarias y planetarias que fueron llevadas a cabo por satélites artificiales y sondas espaciales.

Los logros de Hannes Alfvén le han otorgado reconocimiento mundial, incluyendo la Medalla de Oro de la Real Sociedad Astronómica (1967), el Premio Nobel de Física (1970), la Medalla de Oro del Instituto Franklin (1971) y la Medalla Lomonosov de la Academia de Ciencias de la URSS (1971). Varias academias e institutos incluyen su nombre entre sus listas de miembros: el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de Suecia (miembro vitalicio), la Sociedad Europea de Física, la Real Academia Sueca, la Academia Sueca de Ciencias de la Ingeniería, la Academia Americana de Artes y Ciencias y la Academia Yugoslava de Ciencias. Alfvén es, también, uno de los pocos científicos que es miembro tanto de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos de América, como de la Academia de Ciencias de la URSS. Aunque Alfvén ha recibido estos singulares honores en muchas partes

del mundo y al menos dos revistas científicas han programado ediciones especiales en honor de sus 80 años de vida durante buena parte de su carrera sus ideas fueron ignoradas o tratadas con condescendencia. Frecuentemente se vio obligado a publicar sus artículos en revistas desconocidas y su trabajo fue continuamente debatido, durante muchos años, por el más renombrado científico en materia de física espacial, el geofísico angloamericano Sydney Chapman. Aún entre los físicos de hoy, existe poco conocimiento de muchas de las contribuciones de Alfvén a campos de la física, sus ideas son utilizadas sin reconocimiento para quien las condició.

Tratando de explicar la resistencia a sus ideas, Alfvén destaca la creciente especialización de la ciencia durante este siglo. "Debemos recordar que hubo alguna vez una disciplina llamada filosofía natural", nos dice. "Por desgracia, esta disciplina parece ya no existir. Ha sido rebautizada con el nombre de ciencia, pero la ciencia actual está en peligro de perder mucho del aspecto de filosofía natural". Alfvén cree que entre las causas de esta transición se cuentan "el dominio territorial, la codicia y el temor a lo desconocido". "Los científicos tienden a resistirse a las investigaciones interdisciplinarias dentro de sus propios territorios. Muchas veces, ese parroquialismo se

funda en el miedo a que la intromisión de otras disciplinas pueda competir injustamente por los limitados recursos financieros y, de este modo, disminuir sus propias oportunidades de investigación".

EDUCACION

Hannes Olof Gösta Alfvén nació el 30 de mayo de 1908, en Norrköping, Suecia. Recibió su grado de doctor de la Universidad de Uppsala en 1934, con la tesis intitulada "Investigaciones sobre las ondas electromagnéticas ultracortas". El mismo año, Alfvén fue nombrado Profesor de Física en la Universidad de Uppsala y en el Instituto Nobel para la Física en Estocolmo. En 1940 llegó a ser Profesor de Teoría Electromagnética y Mediciones Eléctricas en el Instituto Real de Tecnología de Estocolmo, y en 1945 fue electo para un cargo de creación reciente, la Jefatura del Área Electrónica, en el mismo instituto, la cual se convirtió en 1963 en la Jefatura del área de física del Plasma.

En 1967, Alfvén criticó duramente al programa sueco de investigación nuclear, por considerar insuficientes los fondos para proyectos sobre usos pacíficos de la energía termonuclear, y dejó Suecia diciendo "ya no se desea mi trabajo en este país". Inmediatamente La Unión Soviética y los Estados Unidos de América le ofrecieron cargos. Después

de dos meses en la URSS, se dirigió a los Estados Unidos de América para ocupar cargos de profesor en los departamentos de ingeniería eléctrica de dos universidades del sur de California, la Universidad de California en San Diego y la Universidad del Sur de California. Cuando hizo las paces con el gobierno sueco, poco después de marcharse, Alfvén pasó el período comprendido desde octubre hasta marzo en la Jolla y desde abril hasta septiembre en Estocolmo, en el Instituto Real de Tecnología.

EL MODO COMO ALFVÉN DESARROLLA LA FÍSICA

La forma en que Alfvén desarrolla la Física está basada en la intuición y en la invisión. Entiende rápidamente cómo trabaja la naturaleza y tiene la habilidad de ubicar las nuevas observaciones dentro de un marco conceptual más amplio que el requerido para explicar las observaciones mismas. Por ejemplo, al principio de la década de los treinta, se creía comúnmente que los rayos cósmicos eran radiación gamma que inundaba todo el universo. Sin embargo, cuando se descubrió que eran partículas cargadas, Alfvén hizo la novedosa proposición de que la galaxia contenía un campo magnético de gran escala y que la radiación cósmica se movía siguiendo órbitas espirales dentro de la

galaxia, debido a las fuerzas ejercidas por el campo magnético. Argumentaba que si el plasma se diseminara a través de la galaxia, podría existir un campo magnético penetrándola. Este plasma podría transportar las corrientes eléctricas que darían entonces lugar al campo magnético galáctico.

Tal Hipótesis, basada en una inspiración de intuición creativa, pero sin fundamento en un razonamiento lógico o una inferencia aparentes, dejó la propuesta de Alfvén expuesta a la crítica; su teoría fue desechada con el argumento de que se sabía que el espacio interestelar estaba vacío y que evidentemente era incapaz de tener las corrientes eléctricas y los haces de partículas que él proponía. No obstante lo anterior, Alfvén había logrado ya que la comunidad científica mundial empezara a pensar en una idea que habría de volverse muy atractiva.

El descubrimiento de Alfvén de las ondas hidromagnéticas es otro ejemplo de una idea original que ha tenido un impacto de alcance muy amplio en la ciencia multidisciplinaria. Sobre bases puramente físicas, Alfvén concluyó que una onda electromagnética podría propagarse a través de un medio altamente conductor, como el gas ionizado del Sol, o en cualquier otro plasma. Sin embargo, en 1942, cuando Alfvén publicó su descubrimiento, la teoría electro-

magnética de Maxwell era una estructura muy bien asentada, una materia para libros de texto, pedagogía y aplicaciones ingenieriles. Era "bien sabido" que las ondas electromagnéticas podían penetrar solamente pequeñísimas distancias dentro de un conductor y que, conforme la resistencia del conductor se fuera haciendo más y más pequeña, la profundidad de penetración de una onda electromagnética decaería a cero. Así, en un conductor eléctrico ideal no habría penetración de radiación electromagnética. Pero Alfvén estaba proponiendo una forma de onda electromagnética que podría propagarse en un conductor perfecto, sin atenuación o reflexión alguna. El descubrimiento de Alfvén fue generalmente despreciado con comentarios tales como "si semejantes ondas fuesen posibles, el mismo Maxwell las habría descubierto".

Su trabajo no fué reconocido como correcto y significativo sino hasta seis años después, cuando impartió varias conferencias sobre ondas hidrodinámicas durante su primera visita a los Estados Unidos de América. Una declaración bastante simplificada de lo que ocurrió fué proporcionada por Alex Dessler, actualmente editor de la prestigiosa revista *Geophysical Research Letters*: "Durante su visita, Alfvén dió una conferencia en la Universidad de Chi-

cago, a la cual asistió Enrico Fermi. Al explicar Alfvén su trabajo, Fermi movió su cabeza afirmativamente y dijo "...Por supuesto". Al día siguiente, todos los físicos del mundo dijeron "..Oh, por supuesto".

ALFVEN VERSUS CHAPMAN

Alfvén inició su actividad en la Física de la magnetósfera y del espacio interplanetario, cuando prevalecía una concepción contraria a la suya. Las ideas de Alfvén eran congruentes con las del fundador de la Física magnetosférica, el gran científico noruego Kristian Birkeland. A finales del siglo pasado, Birkeland había planteado un asunto muy controvertido (apoyado por la teoría, por experimentos en el laboratorio, por expediciones polares y por una cadena de "observatorios" del campo magnético alrededor de todo el mundo), sosteniendo que las auroras boreales y las perturbaciones magnéticas polares se debían a corrientes eléctricas que descendían a lo largo del campo magnético terrestre hasta la atmósfera.

Sin embargo, en las décadas que siguieron a la muerte de Birkeland, acaecida en 1917, Chapman se convirtió en el líder acreditado en física interplanetaria y magnetosférica. Chapman propuso, contrariamente a las ideas de Birkeland, que las corrientes estaban confinadas a fluir sólo

en la ionósfera, sin corrientes descendentes. La teoría de Chapman era tan elegante, desde el punto de vista matemático que ganó una amplia aceptación y dominó sobre la de Birkeland. Cualquier estudioso de la materia podía derivar soluciones cerradas al sistema de corrientes ionosféricas, con todo el rigor de la matemática basándose en la teoría de Chapman. Las ideas de Birkeland se hubieran desvanecido completamente de no habersido por Hannes Alfvén, quien se involucró con ellas bastante después de que las ideas de Chapman habían ganado el predominio. Alfvén insistió en que el sistema de corrientes propuesto por Birkeland tenía más sentido, debido a que se requería de corrientes descendentes que siguieran las líneas del campo magnético terrestre, para conducir a la mayoría de las corrientes ionosféricas. El asunto no se aclaró hasta 1974, cuatro años después de la muerte de Chapman, cuando satélites terrestres midieron por primera vez corrientes descendentes.

Esta historia es típica de las dificultades que Alfvén ha afrontado en su carrera científica. El espacio interplanetario fué comúnmente considerado como un excelente vacío, solo perturbado por cometas esporádicos. Este punto de vista fue ampliamente aceptado porque el espacio "se veía así, cuando

solamente se había visto usando telescopios en longitudes de onda ópticas. En contraste, las corrientes eléctricas sugeridas por Alfvén generaban señales sólo apreciables en la región de radio del espectro electromagnético, por lo que aún no se habían observado y, de esta forma, la propuesta de Alfvén de que había corrientes eléctricas en el espacio, fue recibida con gran escepticismo.

En 1939, Alfvén elaboró una notable teoría de tormentas magnéticas y auroras que ha influido enormemente en las teorías contemporáneas de la dinámica en la magnetósfera terrestre. Usó la noción de cargas eléctricas moviéndose en espiral en campos magnéticos para calcular el movimiento de electrones e iones. Este método fué adoptado universalmente por los físicos de plasmas y se utilizó hasta que la tediosa tarea fue asignada a las computadoras a mediados de los años setentas. Sin embargo, en 1939, cuando Alfvén remitió su trabajo a la eminente revista americana *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, éste fue rechazado con el argumento de que no concordaba con los cálculos teóricos de Chapman y sus colegas. Alfvén se vió en la necesidad de publicar este trabajo fundamental en una revista sueca de lectura inaccesible para la comunidad científica internacional. Trabas como ésta fueron también impuestas a algunos otros de los trabajos clave de Alfvén.

En la ciencia, es usual que uno o dos grandes descubrimientos sitúen a su autor en la categoría de las autoridades líderes, a lo cual comúnmente siguen una gran influencia y una continua consolidación. Ciertamente, éste no fue el caso de Alfvén. En ningún momento de su carrera científica antes de ganar el Premio Nobel fue reconocido como un puntero innovador por aquéllos que en la comunidad científica estaban haciendo uso de su trabajo.

Dessler escribió que, a su parecer, las contribuciones de Alfvén estaban siendo pasadas por alto.

"Cuando ingresé al campo de la física espacial en 1956, recuerdo que compartía la creencia general, por ejemplo, de que no podían existir los campos eléctricos en el plasma altamente conductor del espacio. Fue hasta tres años después que fui puesto en ridículo por S. Chandrasekhar, quien me hizo investigar objetivamente el trabajo de Alfvén. Dificilmente podría describir la magnitud de mi impresión y sorpresa al encontrar que Alfvén estaba en lo correcto y que sus críticos estaban equivocados. Aprendí que Alfvén había prestado previamente un mecanismo de aceleración para la radiación cósmica, básicamente idéntico al propuesto por Fermi en 1949.

ALFVÉN Y LA ASTROFÍSICA

Mirando más allá del sistema solar y nuestra galaxia, Alfvén ha encausado su intuición para proponer un modelo del universo mismo. Bajo la tutela del físico y cosmólogo sueco Oskar Klein, Alfvén desarrolló una cosmología basada en el concepto del físico británico P.A.M. Dirac, en el sentido de que el universo es simétrico y consiste en partes iguales de materia y antimateria. Aunque Alfvén ha expuesto este modelo de un universo de materia-antimateria en 29 artículos y 4 libros, publicados entre 1962 y 1988, el trabajo continúa siendo conocido sólo superficialmente por los astrofísicos.

Mientras que en años recientes su trabajo en astrofísica ha sido destacado en los prólogos o en algunos artículos de apertura en revistas conmemorativas por todo el mundo, ninguno de estos trabajos ha sido publicado en el *Astrophysical Journal*, el órgano de información y de establecimiento de políticas de la Sociedad Astronómica Americana, de la cual es miembro Alfvén. Una razón posible sería que un universo simétrico de materia-antimateria es irreconciliable con el modelo cosmológico del Big-Bang, que es el modelo dominante en la actualidad.

Como sus ideas frecuentemente chocan con las teorías

generalmente aceptadas, o teorías "standard", Alfvén siempre ha tenido problemas con el sistema de arbitraje de las revistas, especialmente con el practicado por las revistas de astrofísica angloamericanas. "No tengo problema alguno en publicar en las revistas de astrofísica soviéticas", dice Alfvén, "pero mi trabajo es inaceptable para las revistas de astrofísica americanas". De hecho, él nunca ha gozado de la aceptación casi automática generalmente dispensada a los científicos eminentes en las revistas de ciencia. "El sistema de arbitraje en las revistas es satisfactorio durante épocas de tranquilidad, pero no durante una revolución en una disciplina como la astrofísica, cuando lo establecido busca preservar el *status quo*, explica Alfvén.

La razón por la cual el trabajo de Alfvén es desdeñado en astrofísica pudiera ser el que él mismo se considera, primeramente y ante todo, un ingeniero electricista y disputa de la acusación de intromisión en la astrofísica que le hacen otros cosmólogos y teóricos. "La física de plasmas ha sido tradicionalmente despreciada en astrofísica", dice Alfvén. "Los estudiantes que usan los textos de astrofísica en esencia ignoran la existencia misma de los conceptos del plasma, a pesar de que algunos de ellos son conocidos desde hace medio siglo", argumenta. "La conclusión es que la astrofísica

es demasiado importante como para dejarla en manos de astrofísicos que han adquirido sus conocimientos fundamentales en esos libros. La información recabada por telescopios terrenos y espaciales debe ser analizada por científicos familiarizados con la física magnetosférica y de laboratorio, con la teoría de circuitos y, por supuesto, con la teoría moderna de plasmas".

Sin duda alguna, Alfvén ha llegado a disfrutar su papel como el decano de los disidentes de la cosmología contemporánea. Continúa muy activo publicando sus teorías, especialmente en revistas de física interplanetaria, magnetosférica y de plasmas. Sus posiciones críticas de la teoría del Big-Bang, especialmente cuando se han hecho cambios *ad-hoc* en este modelo cosmológico para ajustarlo a algunas observaciones nuevas, pueden encontrarse en ejemplares recientes de *Physics Today*, *Nature*, *Science*, y *Scientific American*. Al aproximarse a sus 80 años, Alfvén tiene aún que refrenar su implacable búsqueda de comprensión del universo o su batalla por transmitir al mundo sus percepciones. ●

*Aparecido en la revista "The World & I", mayo 1988, pág. 190. Traducido por Gerardo Ocaña. Estudiante de la UAM, asociado al IGF, UNAM

La capa de Ozono y el Clima

Los científicos han observado el significativo adelgazamiento de la capa de Ozono en la Antártida, y aún cuando este adelgazamiento está directamente asociado con la actividad química de los gases cloro-fluoro-carbonados que usa el hombre, parece haber otros efectos que ayudan a que la capa se adelgace rápidamente. Uno de estos efectos es la variación de temperatura en la estratósfera polar, ya que el enfriamiento también produce un adelgazamiento en la capa de ozono. Aún cuando este fenómeno está siendo estudiado, requiere de mayor esfuerzo para lograr dilucidar los diferentes factores que inciden en el adelgazamiento de la capa.



Océanos en Marte

Las principales conclusiones de los estudios de la superficie de Marte, llevada a cabo por geólogos y planetólogos, apuntan hacia la existencia de océanos en Marte en un pasado remoto. Aún cuando no todos los científicos apoyan esta conclusión, el nuevo análisis de los datos de las misiones Vikingo realizadas en 1976, ha aportado nuevos argumentos geológicos y geoquímicos que parecen confirmar la idea de que en Marte hubo alguna vez grandes océanos.