

OBRA CIENTIFICA DEL PROF. MANUEL SANDOVAL VALLARTA

Ruth Gall

Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

(Recibido: abril 11, 1974)

Cuando por fin resultó imposible guardar más el secreto, fuimos los representantes del Comité Organizador a hablar con el profesor Sandoval Vallarta quien accedió, conmovido, a que se organizara el simposio en su honor. Pidió sin embargo que no hubiera banquetes ni discursos. Entendimos que lo que el maestro deseaba es que no hubiera ambiente de solemnidad. Pero ahora que tengo el honor de hablar de la labor científica de don Manuel, me pregunto como puedo lograrlo sin caer en la trampa de un tono de solemnidad. Es que la obra del maestro y de una constelación de investigadores - algunos aquí presentes - ha permitido rebasar la frontera de la ciencia de su época y ha permitido incorporar dentro del ámbito del conocimiento humano el campo de la radiación cósmica.

Para entender mejor la contribución del profesor Vallarta, situémosla dentro de la trayectoria del desarrollo de este campo de la ciencia.

En agosto de 1912, en la góndola de un globo que ascendió hasta 5,000 metros, Hess realizó uno de los experimentos científicos más trascendentales mostrando que la ionización que se había observado desde hacía años en la superficie de la tierra, se debía a una radiación de gran poder de penetración y de origen *extraterrestre*.

Con este experimento histórico, corroborado posteriormente por otros similares, nació una nueva rama de astrofísica y de la física y se abrió una nueva ventana a través de la cual el hombre podía contemplar el universo.

Limitado hasta 1912 a conocer el universo sólo a través de la luz visible, pudo a partir de entonces investigar los procesos cósmicos por medio de esa radiación, de estos mensajeros provenientes de las profundidades del espacio.

Pero el descifrar la información de estos mensajeros cósmicos resulta una tarea muy difícil para un observador terrestre, ya que la ventana a la radiación cósmica abierta desde la tierra tiene dos filtros. El primero, atmosférico y, el segundo, geomagnético.

Pero es bien conocido que en el mundo de la ciencia *no hay mal que por bien no venga*; y así la *doble opacidad* de nuestra ventana resultó ser una fuente de más sorprendentes descubrimientos. El primer filtro, la atmósfera, al interaccionar con la radiación incidente se convirtió en un espléndido laboratorio de física nuclear de alta energía y de partículas elementales que le brindó generosamente la naturaleza al hombre.

La labor científica del profesor Sandoval Vallarta estuvo en gran parte asociada al estudio del efecto que el campo magnético de la tierra ejerce sobre la radiación incidente. Sus trabajos teóricos lograron convertir al segundo filtro, el geomagnético, en uno de los instrumentos más poderosos para analizar la radiación recién descubierta.

Hasta aproximadamente 1930, la mayoría de los físicos, incluyendo a investigadores tan influyentes como Millikan, habían apoyado la tesis de que la radiación cósmica se componía íntegramente de fotones muy energéticos. Esta tesis fue *destruida por la interpretación* que Lemaître y Vallarta le dieron a las observaciones de Clay y Compton. Entre 1929 y 1932, Clay y Compton durante largos recorridos desde las latitudes entre 49° norte del Continente Norteamericano hasta 49° sur de Austral-Asia (Java), midieron la intensidad de radiación cósmica; descubrieron que esta intensidad variaba con la latitud, siendo mínima en el ecuador. Una radiación cósmica compuesta íntegramente de fotones no presentaría el efecto latitudinal.

Como ha dicho el propio Vallarta, para él y Lemaître resultó obvio que la radiación cósmica tenía que estar compuesta por partículas eléctricamente cargadas de radiación corpuscular, siendo el campo magnético responsable del efecto latitudinal observado. Una conjetura a la que sólo le faltaba una demostración teórica rigurosa.

En efecto, Lemaître y Vallarta inician en 1933 su teoría geomagnética de radiación cósmica, tomando como punto de partida la teoría de Stoermer, a la que bien podríamos llamar la teoría a primera aproximación de movimiento de partículas cargadas en el campo de dipolo. Stoermer desde principio del siglo (1904) ha estado elaborando su teoría, siendo su interés principal el de encontrar una explicación teórica al fenómeno de las enigmáticas y hermosas auroras boreales que forman parte del paisaje nocturno de su tierra. Se pensaba que las auroras las causaban haces de partículas eléctricamente carga-

das de origen solar, que en su camino a la tierra eran desviadas hacia las regiones polares induciendo las auroras.

Así en 1933 confluyeron tres corrientes científicas que posteriormente se separarán tomando un rumbo enteramente diferente, la de la radiación cósmica, la de auroras boreales y la de la teoría cosmológica del Big Bang. Lemaître, en búsqueda de partículas eléctricamente cargadas emitidas por su átomo primigenio creyó haberlas encontrado en la radiación cósmica.

La teoría geomagnética de Lemaître y Vallarta de mayor rigor matemático que la de Störmer, se aplica a partículas de radiación cósmica, toma en cuenta la presencia de la tierra y lleva al descubrimiento de la estructura fina de la propagación de rayos cósmicos en el campo de la tierra. Su objetivo principal es el de encontrar el conjunto de direcciones a lo largo de las cuales las partículas provenientes del infinito pueden llegar al observador terrestre. Aparte de este conjunto, los autores encuentran el conjunto de direcciones prohibidas para la llegada, en el que juega un papel muy importante la sombra de la tierra (debido a su impenetrabilidad); finalmente encuentran el conjunto llamado la penumbra compuesto de franjas de direcciones permitidas y prohibidas.

Usando nuestro símil del filtro geomagnético enfrente de la ventana a la radiación cósmica, es fácil comprender el principal objetivo de la teoría de Lemaître y Vallarta: la ventana es completamente transparente para un observador que mira a lo largo de las direcciones permitidas y es totalmente opaca para el observador que tiene el mal tino de mirar, de enfocar su telescopio de rayos cósmicos a lo largo de direcciones prohibidas.

Pero las direcciones permitidas tienen otra característica importante, basada en la aplicación del teorema de Liouville al espacio configuracional. Se puede demostrar que la intensidad, observada en la tierra, a lo largo de estas direcciones es la misma que en el infinito, o sea que aquí podemos observar la intensidad del flujo que tiene la radiación cósmica en las profundidades del espacio.

Como hemos mencionado, la teoría sirvió de base para la tesis - hoy completamente comprobada - que la radiación cósmica se compone de partículas *eléctricamente cargadas*. Sólo faltaba ahora conocer el signo de la carga.

Basándose en los resultados teóricos, los autores (Lemaître y Vallarta) sugirieron a Compton que se realizara a latitudes medias un estudio de la asimetría Este-Oeste de la intensidad de la radiación cósmica. Una mayor intensidad incidente del Oeste implicaría un signo de la radiación cósmica preponderantemente positivo. Compton confió este experimento a su discípulo, Luis Alvarez, quien lo llevó a cabo en esta ciudad de México en la azotea del Hotel Génova. Con su ingenio proverbial, Luis Alvarez colocó su te-

telescopio de rayos cósmicos sobre una carretilla de albañil que le facilitó la direccionalidad del aparato así compuesto. Y en efecto Alvarez encontró la asimetría y así el signo de la radiación, que resultó ser positiva.

Permítanme mencionar otros grandes méritos de la teoría: con aplicación del teorema de Liouville, como sugirió Johnson en 1938, la teoría sirvió de base para el uso del campo de la tierra como analizador magnético del espectro o sea de la repartición de las energías de las partículas de la radiación: además con ayuda de la aplicación del teorema de Liouville se pudo descubrir el alto grado de isotropía de la radiación en el cosmos. Con ayuda de la teoría y con todas estas características descubiertas, se ha logrado acorrallar las posibles tesis sobre el origen y la propagación de esta misteriosa radiación.

La aplicación del teorema de Liouville al problema de la intensidad de la radiación cósmica es un complemento fundamental a la teoría de Lemaître y Vallarta. Esta aplicación la desarrollaron en el año 1933 independientemente, Fermi y Rossi por un lado, y Lemaître y Vallarta por otro lado. Pero la aplicación del teorema de Liouville al problema de la intensidad de la radiación cósmica fue severamente criticada por Stoermer; la controversia llegó al punto culminante durante el Congreso de Matemáticas en Oslo en 1939. Según el relato del profesor Vallarta, finalmente él y Lemaître lograron durante el Congreso convencer a Stoermer de la *validez* de esta aplicación. Pero yo me pregunto si el arte del convencimiento científico *no fue superado* por el encanto y la gracia de María Luisa Vallarta a quien Stoermer, durante el primer vals del baile de la noche inaugural confesó su error científico antes de anunciarlo oficialmente al día siguiente.

Sería falso pensar que la teoría de Lemaître y Vallarta cumplió con su cometido y pasó a la historia. Muy al contrario, se puede hoy hablar de su renacimiento. Esto se debe a que la teoría contiene conceptos generales que no sólo se aplican al campo dipolar, para el cual fue originalmente diseñada. Bien podemos aplicar la teoría al campo geomagnético como lo concebimos hoy, después de las minuciosas observaciones llevadas a cabo con satélites a grandes distancias de la superficie de la tierra.

Más aún, bien podemos extender la teoría de Lemaître y Vallarta al campo magnético de los planetas, por ejemplo al campo joviano, que se ha empezado a mapear durante el histórico encuentro del Pionero X con Júpiter, el 4 de diciembre del año pasado. Encuentro durante el viaje del satélite hacia los espacios fuera de nuestro sistema solar. Siendo el campo magnético de Júpiter mucho más intenso que el de la tierra, es en Júpiter donde la teoría de Lemaître y Vallarta resulta ser aún más *tangible*.

Son muy numerosas las publicaciones del profesor Vallarta en las más importantes revistas de física e innumerables las citas de sus artículos.

Además de la teoría geomagnética la contribución de don Manuel a la rama de la radiación cósmica incluye: la longitudinal, la diurna, el efecto geomagnético sobre la variación sideral -que realizó con Graef y Kusaka- y la teoría del túnel magnético para la eyección de rayos cósmicos solares durante las ráfagas, que hizo en colaboración con el profesor Forbush.

Por supuesto, la obra de don Manuel no se limitó al campo de rayos cósmicos, sino incluyó un amplio espectro de otros tópicos, tales como: la ingeniería eléctrica, la teoría electromagnética, física atómica, cálculo operacional de Heavyside ... y ya en 1933, con su intuición científica, que es la compañera inseparable de toda creación científica, el profesor Vallarta trabajó con Wiener sobre la integración de la teoría de relatividad con la mecánica cuántica: un tema de gran actualidad, aún un problema no resuelto, fundamental para la mejor comprensión de los procesos físicos al nivel microscópico y astronómico.

El tiempo sólo me permitió enumerar estas últimas contribuciones de don Manuel a la ciencia y extenderme un poco más sobre la teoría geomagnética de la radiación cósmica que es de un valor fundamental.

Y ahora sólo me resta darle gracias al Prof. Manuel Sandoval Vallarta por habernos guiado tan hábilmente a lo largo de las direcciones permitidas para apreciar mejor las maravillas del universo y de las mentes humanas capaces de concebirlas.